Проектирование современных оконных систем гражданских зданий

Учебное пособие

Допущено Министерством образования Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Промышленное и гражданское строительство» направления подготовки дипломированных специалистов «Строительство»

Рецензенты:

кафедра «Архитектура жилых зданий» МАРХИ (зав. каф., профессор И. М. Ястребова),
Эксперт Восточно-Европейского Союза экспертов В. Ю. Ясин.
И. В. Борискиина, А. А. Плотников, А. В. Захаров
Проектирование современных оконных систем гражданских зданий: Учебное пособие.
– М.: Издательство АСВ, 2003 г. – 320 с.

Издание третье, дополненное и переработанное.
ISBN 5-93093-085-6

В учебном пособии приведены основные теоретические положения проектирования современных оконных систем. Рассмотрена роль окон в формировании архитектурного облика здания – с древнейших времен до наших дней. Дано описание конструктивных решений оконных профилей из ПВХ, алюминия и дерева. Кратко изложены основные технологические операции по изготовлению окон и комплектующих для их производства. Приведены характеристики конструкционных материалов для изготовления оконных профилей. Описаны прочностные и оптические свойства стекла и стеклопакетов; рассмотрена технология изготовления стеклопакетов и стекол различного назначения. Рассмотрены физические процессы. Происходящие в пакетном остеклении с точки зрения светотехники, теплофизики и акустики. Приведено описание современных систем оконной фурнитуры; рассмотрен принцип функционирования запорных устройств при различных режимах открывания окна. Описаны дополнительные возможности оконных систем – жалюзи, рольставни, шумозащитные вентиляционные клапаны; рассмотрена их роль в формировании внутреннего микроклимата здания. Изложены правила статистического расчета окон из ПВХ, а также рассмотрены правила их монтажа. Кратко описаны конструктивные решения витражных систем – фасадов, зимних садов, стеклопрозрачных пере городок.

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ. 6
ГЛАВА 1. ОКНА В АРХИТЕКТУРЕ ЗДАНИЯ 10
ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННЫЕ ОКОННЫЕ СИСТЕМЫ ИЗ ПВХ, ДЕРЕВА И АЛЮМИНИЯ. 30
2.1. Светопрозрачные ограждающие конструкции. Термины и определения. 30
2.2. Окна с переплетами из поливинилхлорида. 32
2.2.1. Поливинилхлорид как материал для производства оконных профилей . . . 32
2.2.2. Профильные системы из ПВХ. Принцип построения. 39
2.2.3. Конструктивные решения оконных профилей из ПВХ. 43
2.2.4. Композиционные возможности профильных систем из ПВХ. Нестандартные конструкции 53
2.2.5. Дополнительные функциональные возможности оконных систем. Рольставни, ставни, жалюзи 59
2.2.6. Технология производства окон из ПВХ-профилей 66
2.3. Окна с переплетами из алюминия 74
2.3.1. Алюминиевые сплавы как материал для производства оконных профилей. . 74
2.3.2. Профильные системы из алюминия. Принцип построения 77
2.3.3. Конструктивные решения оконных профилей из алюминия 78
2.4. Окна с переплетами из стеклопластика. 82
2.5. Окна с переплетами из дерева 84
2.5.1. Древесина как материал для производства оконных профилей. 84
2.5.2. Технология производства оконных профилей из дерева 89
2.5.3. Конструктивные решения оконных профилей из дерева 92
ГЛАВА 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СТЕКЛА И СТЕКЛОПАКЕТЫ 95
3.1. Строительные стекла. классификация. Физико-технические свойства. Технология производства и обработки 95
3.1.2. Химический состав и структура листового стекла 98
3.1.3. Способы обработки листового стекла 101
3.2. Прочностные свойства стекла. Несущая способность. Расчет на прочность. Допустимые напряжения при изгибе 105
3.2.1. Физико-технические характеристики стекла 105
3.2.2. Допустимые напряжения при изгибе 105
3.2.3. Расчет стеклянных пластин на эксплуатационные нагрузки из условий прочности и жесткости. 107
3.2.4. Расчет изменения длины стекла при прогибе 111
3.2.5. Разрушающие нагрузки на стекла. 112
ГЛАВА 4. СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ОСТЕКЛЕНИЯ. НОРМИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКОН. 132
4.1. Оптические свойства оконного стекла. 132
4.1.1. Закономерности энергообмена через остекление 132
4.1.2. Регулирование оптических свойств стекла 135
4.2. СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И КОМФОРТНОСТЬ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЯ. 139
4.2.1. Формирование температуро-влажностного режима помещения 139
4.2.2. Проектирование остекления, исходя из летних условий эксплуатации . . 140

4.2.3. Проектирование остекления, исходя из зимних условий эксплуатации . . 141
4.2.4. Теплопотери через остекленные поверхности, расположенные под углом к горизонту 149
4.3. Нормирование и расчет теплозащитных характеристик окон 151
4.3.1. Требуемый уровень теплозащиты оконных блоков 151
4.3.2. Температура точки росы (условия выпадения конденсата) 154
ГЛАВА 5. РОЛЬ ОКОН В СИСТЕМЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ 160
5.1. Естественный воздухообмен и влагообмен в здании 160
5.2. Вентиляционные устройства, применяемые с оконными конструкциями 166
ГЛАВА 6. ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКОН. НОРМИРОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ 170
6.1. Восприятие звука человеком. Шумовой режим городских территорий. Транспортный шум 171
6.1.1. Распространение звуковых волн в воздухе. Характер восприятия звука человеком 171
6.1.2. Шумовая характеристика городских территорий. Нормирование акустических требований к помещениям 173
6.2. Звукоизоляционные характеристики остекления 176
6.2.1. Нормирование звукоизоляции оконных конструкций 176
6.2.2. Акустическая работа стеклопакетов 177
6.2.3. Звукоизоляция оконных блоков и возможности ее увеличения 184
6.3. Акустическая работа окон, открытых в режиме вентиляции и проветривающие устройства 189
ГЛАВА 7.ФУРНИТУРА ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ОКОН. 200
7.1. Конструктивные решения систем фурнитуры 200
7.2. Наклонно-поворотная фурнитура для окон из ПВХ 210
7.3. Противовзломная фурнитура 217
7.4. Наклонно-поворотная фурнитура для окон из дерева 221
7.5. Наклонно-поворотная фурнитура для окон из алюминия 224
7.6. Поворотная фурнитура 224
7.7. Фурнитура для фрамуг 226
7.8. Наклонно-сдвижная фурнитура 227
7.9. Размерный ряд для систем фурнитуры 231
7.10. Петлевая группа 234
7.11. Диаграммы ограничений по размерам створки 243
7.12. Критерии надежности и долговечности систем фурнитуры 245
7.13. Технологические особенности установки фурнитуры на оконных конструкциях 247
7.14. Правила эксплуатации оконной фурнитуры 249
7.15. Конструктивные решения фурнитуры для дверных блоков 250
ГЛАВА 8. КОНСТРУИРОВАНИЕ И МОНТАЖ ОКОННЫХ БЛОКОВ 254
8.1. Конструирование оконных блоков 254
8.1.1. Основные задачи проектирования. 254
8.1.2. Назначение размеров элементов. Выбор сечения оконного профиля. Правила расчета ветровых нагрузок 255
8.1.3. Определение расчетного значения ветровой нагрузки 258

8.1.4. Примеры расчета и конструирования оконных блоков и элементов фасадного остекления 260
8.2. Монтаж оконных блоков 265
8.2.1. Температурные напряжения в оконных блоках из ПВХ. Закрепление оконных блоков в наружных стенах 265
8.2.2. Температурный режим в узле примыкания окна к наружной стене 268
8.2.3. Принципы устройства монтажных швов 270
ГЛАВА 9. ОКНА КАК ЭЛЕМЕНТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗДАНИЯ 280
ГЛАВА 10. ВИТРАЖНЫЕ СИСТЕМЫ ОСТЕКЛЕНИЯ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ 287
10.1. Фасадные системы 288
10.2. Зимние сады 295
10.2.1. Архитектурно-конструктивные решения 295
10.2.2. Управление микроклиматом 304
10.3. Светопрозрачные межкомнатные перегородки 309
Приложение 1. Карта районирования территории России и стран СНГ по давлению ветра 313
Приложение 2-1. Пример выполнения поэтажной экспликации оконных блоков на плане здания 314
Приложение 2-2. Пример выполнения архитектурных чертежей оконных блоков . . 315
Приложение 3-1. Карта профилей системы VEKA Softline AD/Topline AD 316
Приложение 3-2. Карта профилей системы VEKA Euroline AD 317
Приложение 4-1, 4-2. Примеры возможных комбинаций основных профилей системы VEKA TOPLINE. Оконные блоки 318
Приложение 4-3. Примеры возможных комбинаций основных профилей системы VEKA TOPLINE. Дверные конструкции 320
Приложение 4-4, 4-5. Примеры возможных комбинаций основных профилей системы VEKA EUROLINE. Оконные блоки 321
Приложение 5. Таблицы для статического расчета оконных конструкций на ветровую нагрузку 323
Приложение 6. Армирующие профили VEKA Softline/Topline/ Euroline 326
Приложение 7. Дополнительные профили VEKA Softline/Topline/ Euroline 331
Приложение 8. Максимальные размеры окон из профилей системы VEKA / Euroline . . 336
Приложение 9. Диаграммы для определения допустимых размеров открывающихся створок. Системы фурнитуры Siegenia Favorit и A300 339
Приложение 10-1. Цветовые решения профильных систем VEKA 347
Приложение 10-2. Цветовые решения систем фурнитуры SIEGENIA-AUBI 348
Приложение 11. Наклонно-поворотная фурнитура для окон различной формы. Система Siegenia Favorit. 349
Приложение 12. Противовзломная фурнитура различных классов безопасности Система A 300 351

СИСТЕМЫ ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ПВ







Компания VEKA Rus является дочерней производственной компанией концерна VEKA AG – одного из мировых лидеров в области разработки и производства оконных и дверных систем из высококачественного пластика, а также откидных- и рольставен.

VEKA AG работает на рынке с 1968 года. Головное предприятие находится в г. Sendenhorst, ФРГ, Северный Рейн-Вестфалия. Производственные дочерние компании концерна, помимо Германии, работают в США, Канаде, Бельгии, Великобритании, Польше, Китае, Испании, Франции, Малайзии, Бразилии, Канаде. В мире действует развитая сеть коммерческих представительств VEKA: в странах Латинской Америки, Индии, Сингапуре, Румынии. Продукция концерна экспортируется в более чем 50 стран мира.

Именно **VEKA** стала первой европейской экструзионной компанией, открывшей в России собственный завод. Он был построен в 30 километрах от Москвы, в Наро-Фоминском районе, рядом с городом Троицком. Предприятие было открыто 8 октября 1999 года. **8 октября 2004 года VEKA ввела в эксплуатацию второе российское предприятие – в Новосибирске.** Новый завод VEKA является единственным проектом в сфере промышленного строительства со стопроцентным иностранным участием в Сибирском Федеральном округе. Следующим шагом шло открытие собственного склада и Логистического центра в Хабаровске, открытого в мае 2005 года.

VEKA Rus – это мощное современное предприятие, продукцию которого покупают более 350 предприятий – изготовителей окон в России и других странах СНГ. Самое современное оборудование, передовые технологии контроля качества, высочайшая технологическая культура, широкий выбор самых разнообразных позиций на складе предприятия – это лишь малая часть тех преимуществ, которые привлекают к сотрудничеству с VEKA все новых и новых партнеров.

В ассортименте VEKA присутствуют профили и комплектующие только высшего качества. В России VEKA является единственной экструзионной компанией, имеющей сертификат **DIN ISO 9001:2000**, а также выпускающей только продукцию, соответствующую нормативам **RAL**, самого строгого отраслевого стандарта Западной Европы.

www.siegenia-aubi.ru; www.si-au.ru
E-mail: info-ru@siegenia-aubi.com

ФУРНИТУРА ДЛЯ ОКОН И СИСТЕМЫ ПРОВЕТРИВАНИЯ





Немецкая компания **SIEGENIA – AUBI KG («ЗИГЕНИА-АУБИ КГ»)** – один из крупнейших европейских производителей оконной фурнитуры и шумоизолирующих систем проветривания. История фирмы, охватывающая уже четыре поколения, всегда характеризовалась изменениями, ориентированными на потребности времени.

Предприятие было основано Вильгельмом Йегером в 1914 году и было ориентировано на нужды приборостроительной промышленности. Его зять – Адольф Франк постепенно изменил производственную программу в сторону мелкого скобяного товара и фурнитуры для немецкой мебельной промышленности. Завершив восстановление производственных мощностей после второй мировой войны, его внук – Герхард Франк – с учетом огромной потребности того времени в строительных элементах вывел фирму на позиции ведущего поставщика фурнитуры и систем проветривания для оконной промышленности Европы.

В 2003 году Виланд Франк – правнук основателя **SIEGENIA – AUBI KG**, объединил двух лидеров фурнитурного рынка – компанию **SIEGENIA – FRANK KG**, основанную в 1914 году, и немецкую компанию AUBI GmBH, занимающуюся производством оконной фурнитуры с 1873 года.

В настоящее время под руководством правнука Вильгельма Йегера – Виланда Франка – предприятие SIEGENIA–AUBI KG занято разработкой и производством целой гаммы продуктов, призванных удовлетворить потребности человека в комфортном и здоровом климате жилого и административного помещения. На счету **SIEGENIA – AUBI** – десятки запатентованных конструктивных решений, некоторые из которых до сих пор остаются уникальными.

В 1997 году в Москве было открыто российское представительство **SIEGENIA – AUBI**. На сегодняшний день оно имеет широкую сеть региональных представительств по всей стране: в Санкт-Петербурге, Самаре, Казани, Нижнем Новгороде, Ростове-на-Дону, Краснодаре, Волгограде, Старом Осколе, Екатеринбурге, Уфе, Новосибирске, Красноярске, Иркутске, Хабаровске, Владивостоке.

Предисловие к третьему изданию.

При завершении работы над вторым изданием книги, нам казалось, что все самое важное о современных окнах уже сказано. Но, тем не менее, жизнь и технический прогресс не стоят на месте. И лучшее тому доказательство – третье издание книги «Проектирование современных оконных систем гражданских зданий», выходящее вслед за вторым менее чем с пятилетним разрывом.

За это время в области современных светопрозрачных конструкций были разработаны новые нормативные документы, расширилась и обновилась номенклатура комплектующих, предлагаемых зарубежными и отечественными производителями на российском рынке. И самое главное – произошло накопление опыта в исследуемой области, который может быть положен в основу отечественной теории проектирования и разработки современных оконных систем.

Как и во втором издании, мы ограничили сферу своего рассмотрения оконными конструкциями, понимая, что для систем фасадного и кровельного остекления нам потребуется еще один том, не менее насыщенный информационно. Вместе с тем, в новом издании значительно расширено представление информации о свойствах стекла и стеклопакетов, а также о системах контроля и управления микроклиматом, применяемых с оконными конструкциями в системах «интеллектуального здания». Кроме того, особенный акцент сделан на критериях надежности оконных конструкций из ПВХ и архитектурных возможностях формируемых из них систем, особенно в области нестандартных конструкций.

Несмотря на широкое развитие ассортимента программного обеспечения, в книге, аналогично предыдущим изданиям, уделено особенное внимание простым инженерным методам расчета оконных конструкций, незаменимым в повседневной практике. Это имеет отношение как к строительной физике, так и прочностным свойствам профильных систем и стеклопакетов.

В основу книги положены научные работы и публикации авторов, которые были сделаны за период, прошедший со времени выхода в свет второго издания, а также новые разработки генеральных спонсоров – немецких предприятий VEKA и SIEGENIA-AUBI, которым мы выражаем искреннюю благодарность за поддержку, оказанную при подготовке третьего издания.

Мы также выражаем глубокую признательность руководителям российских подразделений предприятий VEKA и SIEGENIA-AUBI за многолетнее сотрудничество в области издательских проектов, направленных на продвижение в России перспективных наукоемких строительных технологий и конструкций.

Кроме того, мы хотели бы выразить особенную благодарность за помощь при подготовке третьего издания сотрудникам ООО «ВЕКА Рус»: генеральному директору Йозефу Лео Бекхоффу, руководителю отдела маркетинга и рекламы Ельникову С.В., руководи-

телю технического отдела Окулову А.Ю.; сотрудникам московского представительства концерна «SIEGENIA-AUBI»: директору представительства Хансу Дилю, и директору по развитию Черепанову С.Г., директору по маркетингу Троянову В.И., маркетологу Зенкевич Я.Э., генеральному директору ООО «Издательство «Выбор» Баткалову А.Я.

Учитывая практику предыдущих изданий, мы надеемся что, несмотря на увеличившийся объем информации, книга, как и раньше, останется рабочим настольным пособием для специалистов оконных компаний. И вместе с тем – сохранит свой изначальный статус учебника для студентов строительных вузов.

Глава 1 написана доктором архитектуры проф. Ткачевым В.Н., главы 7, 8, 9 и 10 –к.т.н. Борискиной И. В., главы 2, 3, 4, 6 – к.т.н. Борискиной И.В. и к.т.н. Плотниковым А.А., глава 5 – к.т.н. Борискиной И.В и проф. Захаровым А.В.

Авторы книги будут искренне благодарны за отзывы и критические замечания.

E-MAIL : iraborisk@mtu-net.ru ; plaa@ok.ru

ГЛАВА 1. ОКНА В АРХИТЕКТУРЕ ЗДАНИЯ

История окна как обязательного атрибута организованной среды обитания сложилась последовательно с формированием этой среды, соединившей, в самом общем понимании комфорта, требования обитателя к свету, теплу, безопасности – уровень технического прогресса во всех его проявлениях.

Поиску функциональной определенности окна как части здания сопутствовали характерная, особенно для древней архитектуры, сакрализация (святость – в религиозном понимании) его роли в жилом пространстве, а затем и использование его как средства архитектурной композиции при работе над художественным образом здания и его стилистикой.

Современная архитектура освободилась от метафизических представлений о предметном мире и ориентируется прежде всего на соображения антропометрии* и эргономики*, технологический практицизм и качественные эксплуатационные характеристики, набор которых постоянно растет, удивляя техническими новинками.

- Антропометрия – система измерений человеческого тела и его частей в антропологии – науке о происхождении и эволюции человека.
  Эргономика – наука, изучающая деятельность людей в условиях современного производства с целью оптимизации орудий, условий и процесса труда.

Но и психологическое воздействие окна на восприятие человеком цивилизованного пространства еще рано сбрасывать со счетов. **В интерьере окно – необходимый интервал обзора, «удлиняющий» взгляд за пределы замкнутого помещения, это связь с внешним миром, инструмент ориентации, дающий подсознательное, но важное чувство пространственной уверенности.** Фасады домов без окон воспринимаются глухими, неприступными , безглазыми , не позволяющими понять их масштаб и назначение.

Равным образом могут быть оценены и сооружения, в которых антропометрическая сущность окон как средства визуального познания объекта замаскирована формальным рисунком вертикальных и горизонтальных членений

Положительная или отрицательная оценка архитектуры различна с точки зрения обывателя и профессионала-проектировщика. Общественное мнение, как правило, консервативно и предпочитает понятные, пусть и устаревшие схемы видения многоэтажного дома как этажерки из одноэтажных домов с «нормальными» окнами (Рис.1.0.0.1). Профессиональное мышление проектировщиков уже не ограничивается масштабными соотношениями, заданными размерами и позицией окон каждого этажа, а направлено на решение укрупненных задач, соразмерных городской среде в целом (Рис.1.0.0.2).

С этой точки зрения пропорции и членения окон в неявном виде учитываются в общей формуле решения выразительного облика сооружения, адекватная оценка которого устанавливается на дальней дистанции. С приближением к дому интерес наблюдателя переводится на другие объекты, также сомасштабные расстоянию их видения – малые архитектурные формы, фрески, панно, витражи. Наблюдатель различает техническое изящество переплетов и безупречную прозрачность окон.

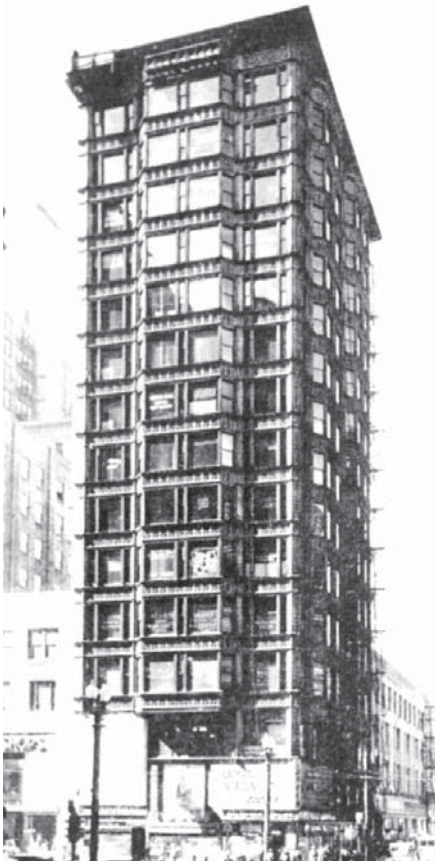


Рис.1.0.0.1. Здание Релайенс. Чикаго, США. 1984 г.



Рис.1.0.0.2. Кооперативный универмаг Секешфехервар. Венгрия.

В этом заключается маленький профессиональный секрет проектировщиков городской среды – умение перевести интерес и внимание обитателя от обобщенной эстетики крупномасштабных масс, наблюдаемых издалека (где детали имеют значение только в их совокупности), к тонким акцентам, воспринимаемым на расстоянии «вытянутой руки».

Отметим, что технология ручного строительства на многие века определила масштабную специфику тектонических* соотношений масс и деталей фасадов, концентрацию внимания на «штучных» элементах, особенно окнах с тонкой моделировкой их членений и декора. Так что резные наличники деревенских окон и тонкие рельефы готики – не просто результат ручного художественного творчества: принцип «вытянутой руки» есть основополагающий базис эстетики «исторической» архитектуры. Рис. 1.0.0.3.

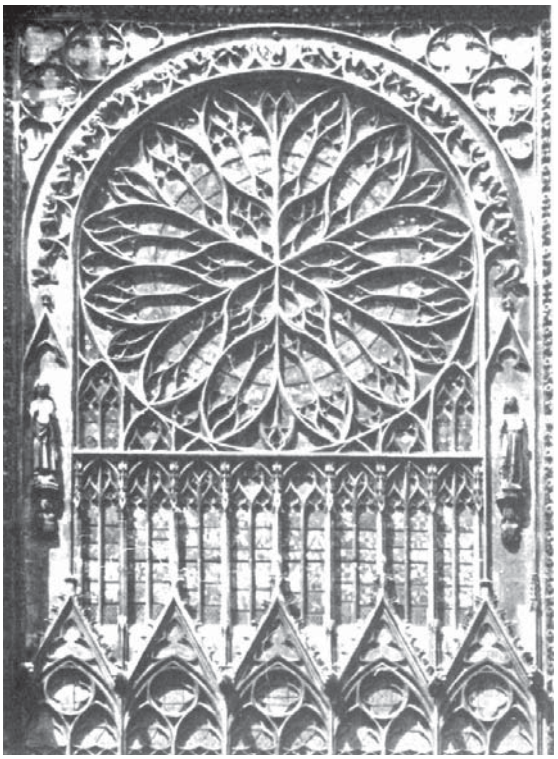


Рис. 1.0.0.3. «Роза» кафедрального собора в Амьене. Франция.

- Тектоника (или «архитектоника» от греч. Architektonike – «строительное искусство») – художественное выражение закономерностей построения конструктивной системы здания.

Нам еще придется заострить этот вопрос в связи с особенностями современной российской строительной практики, обратившейся к реконструкции и реставрации существующего капитального фонда. Приступы ностальгии, господствующие в общественном менталитете последних лет, отражаются в городской архитектуре повышенным вниманием к восстановлению или имитации стилистики добротной «дворянской» эпохи или определенных направлений буржуазной культуры рубежа XIX – XX веков, воплощенной в модерне.

Но индустриальная архитектура слишком далеко ушла от изящных ордерных композиций* продуманных пропорций, от меланхоличного изыска ломаных и овальных линий оконных переплетов и кованых решеток балконов и лестниц буржуазных особняков, чтобы не возникло проблем возврата исторических форм, как художественных, так и технических. К ним мы еще вернемся в конце главы.

- Ордер – в архитектуре художественно переработанная логика сочетания несущих и несомых частей стоечно-балочной конструкции. Классическая ордерная система сложилась в Древней Греции.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НИШИ

Если обратиться к некоему условному старту превращения случайных действий по приспособлению природных укрытий в систему сознательного устройства долговременного и безопасного обиталища, то, очевидно, главным мероприятием здесь было создание (или обозначение) границы между своим внутренним миром и чужим – внешним. Максимальную степень комфорта и безопасности предоставляло укрытие наиболее изолированное, сохраняющее связь с внешним миром только через отверстие входа. С этого времени можно начинать отсчет процесса выделения окна как светопроема, постепенно освобождаемого от функций входа и вентиляционного продуха.

Древнейшее жилище, полностью или частично заглубленное в землю, освещалось, в зависимости от пространственного решения, сбоку или сверху. Кадр проема формировался перекрещенными жердями и в непогоду мог прикрываться травяными циновками или плетнями.

Функции светопроема и входа разделились довольно быстро, а вот окно – вентотверстие сохранилось надолго в архитектуре многих народов. Народные жилища Кавказа – армянский глхатун и грузинский дарбази – сохраняют, в сущности, древнейшую схему организации жилого пространства в землянке

(Рис. 1.0.0.4). Их жердевые перекрытия формируют подобие плоского купола, завершенного световым отверстием. Подобные перекрытия – признак дефицита древесных материалов достаточной длины – встречаются и в горных селениях Памира.

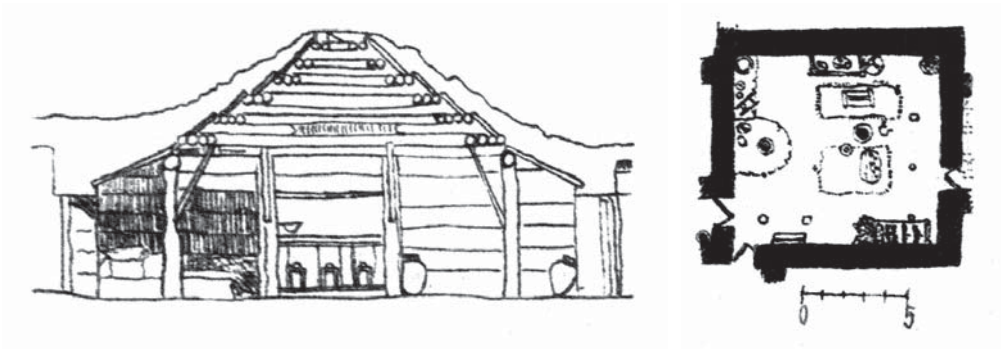


Рис. 1.0.0.4. Глхатун – армянское народное жилище. Разрез. План

О.Шуази, комментируя книгу римского историка Витрувия «Об архитектуре», упоминает о так называемых «гипетральных храмах», не имеющих окон и освещавшихся через отверстие в крыше над всем центральным помещением (целлой). По легенде, через подобное отверстие греческого храма Парфенона Зевс ударил молнией в пол святилища, выразив тем самым удовлетворение величием статуи Афины, изваянной знаменитым скульптором Фидием. В общем же древнегреческие храмы не имели окон; свет проникал в помещение через просторные проемы дверей.

Верхнее освещение гигантских залов храмовых комплексов Древнего Египта обеспечивалось превышением их центральной части над остальным помещением, формируя так называемый базиликальный* разрез с боковым освещением от верхних окон. Это же решение можно найти в пространственном решении средневековых базилик Западной Европы (рис. 1.5).

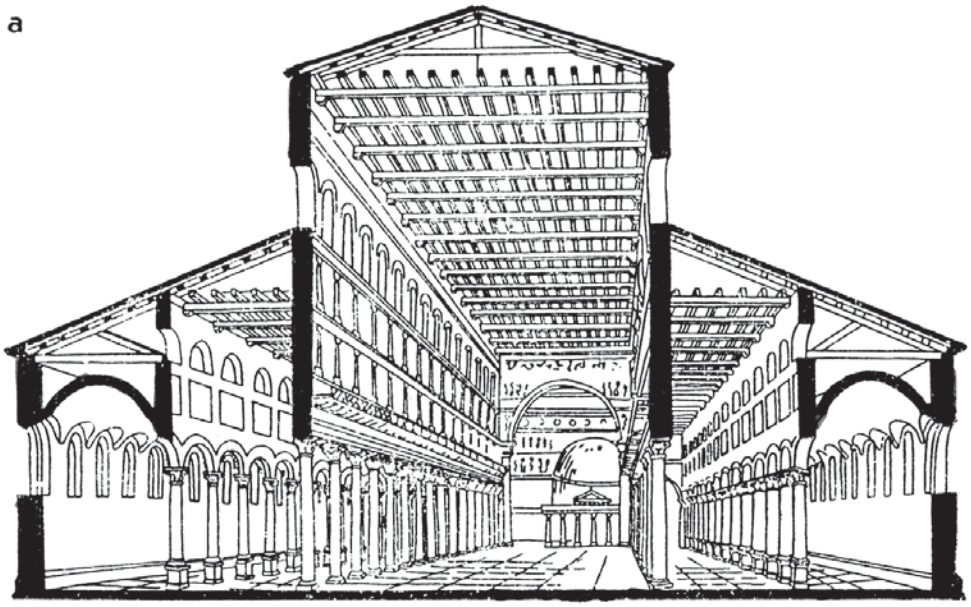


Рис. 1.0.0.5. Реконструкция базилики св. Петра в Риме. Разрез.

- Базилика (от греч. Basilike – «царский дом») – прямоугольное в плане здание, разделенное внутри рядами колонн или столбов на продольные части – нефы. Средний неф, более высокий, освещается через окна над крышами боковых нефов.
  В известном смысле освещение базилики можно считать прообразом современных светоаэрационных фонарей, применяемых в промышленных зданиях.

«Свето» – вентиляционный проем юрты кочевников Средней и Центральной Азии, решается в сборном варианте. Это отдельно изготовленное колесо со своеобразными ступицами – переплетами разной конфигурации и конструкции, включенное в пространственную схему юрты как верхний опорный элемент для жердей каркаса купола (тоона).

Известный памятник архитектуры римский Пантеон закрепляет своей формой силуэт древнего средиземноморского жилища: протоантичного мегарона, италийской хижины и купольного завершения домов Двуречья, – давших начало антропоморфным храмам. Любопытно, что световое отверстие Пантеона, так эффектно пропускающее солнечные лучи сквозь синеватую дымку курений, образовано логикой купольной конструкции – изъятием из нее самого ненадежного участка – горизонтальной скуфьи, верха купола (рис. 1.0.0.6). В последующем, благодаря византийским разработкам, купола с различными вариантами световых отверстий: с барабанами надстроенных куполов или без них – применяют в культовом строительстве Западной Европы, Руси, мусульманского Востока.

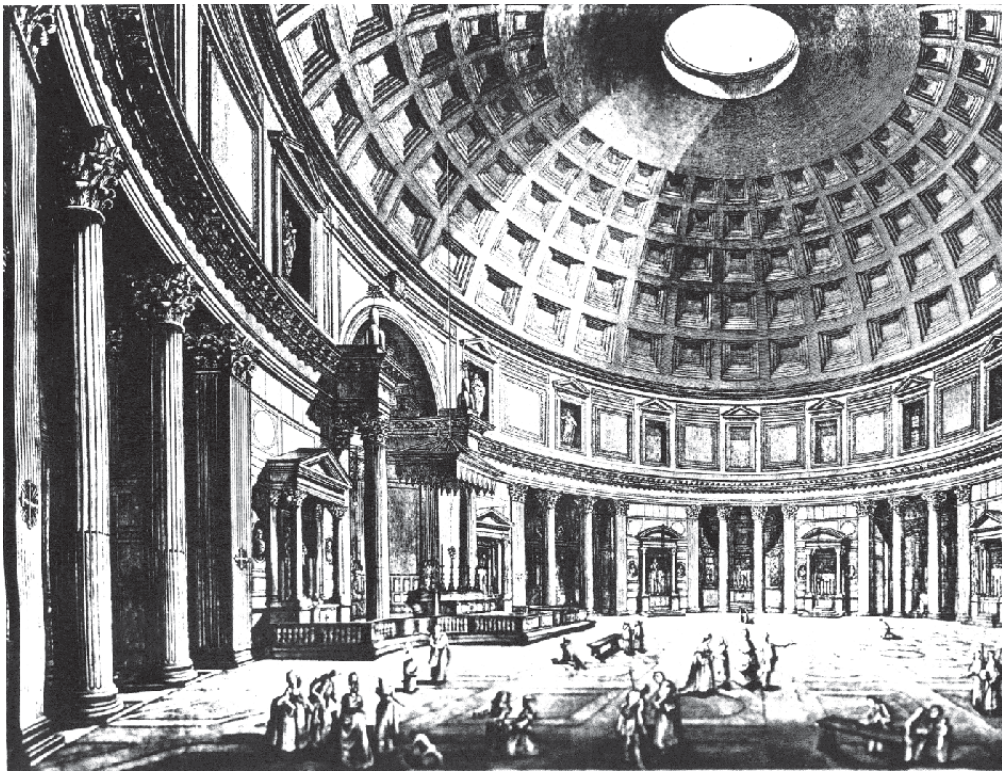


Рис. 1.0.0.6. Римский Пантеон. Интерьер. Рисунок Д. Б. Пиранези.

Вынесенные за пределы функциональной схемы «человек – окно – внешняя среда», верхние светопроемы подвергаются конструктивной и художественной обработке в силу необходимости их включения в формальную композицию интерьера или фасада.

Со строительством крестовокупольных церквей на Руси связана интересная техническая находка, реализованная в способе прорезки окон в массиве храмовых стен. Вертикальные узкие подзакомарные* окна имеют в плане вид воронки, раскрытой внутрь. Окно работает как камера, позволяя солнцу проникать в интерьер церкви длительное время в течение дня.

- Закомара – в русской архитектуре полукруглое или килевидное завершение части наружной стены здания; повторяет очертания расположенного над ней свода.
  При всем разнообразии размещения светопроемов в объеме здания наиболее широкий диапазон конструктивных и художественных разработок приходится на долю окон, расположенных в плоскости фасадов.

ОКНО КАК САКРАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Сакральная символика строится не на пустом месте, а опирается прежде всего на функциональные связи материального мира. Лишь затем, скроив общую сюжетную канву, фантазия мифотворца порывает с материальным происхождением сакральной идеи и компонует образ символа и ритуальный спектакль вокруг него по собственным законам.

В верованиях и мифах народов древней и «традиционной» культур окно чаще всего выступает атрибутом действий таких сакральных персонажей как солнечный и лунный свет, ветер, злые и добрые духи, проникающие в дом именно через окно, а не через дверь, оставляемую, как правило, для входа существ, обладающих осязаемым телом.

Попытки проникновения злых духов через тооно (вентиляционный проем) юрты кочевников пресекаются специальным орнаментом на ободе и ступицах, войлочном откидном покрытии.

Этим же тооно пользуются для определения времени дня по движению солнечного пятна от верхнего отверстия (рис. 1.0.0.7). Связанный с делением юрты в плане на 12 секторов в соответствии со звериным календарем, этот способ отсчета времени дает часам романтические названия – час петуха , час быка, тигра. Вообще практика анимизации сил природы и страх перед ними способствует выработке различных приемов защиты от злых духов, проникающих в дом через окна. Тибетцы, отгоняющие птиц от зерна, рассыпанного для просушки на плоских крышах жилищ, флажками или пучками лент, развевающихся по ветру, аналогичным способом защищают от духов и окна, вывешивая на них ленточную бахрому.

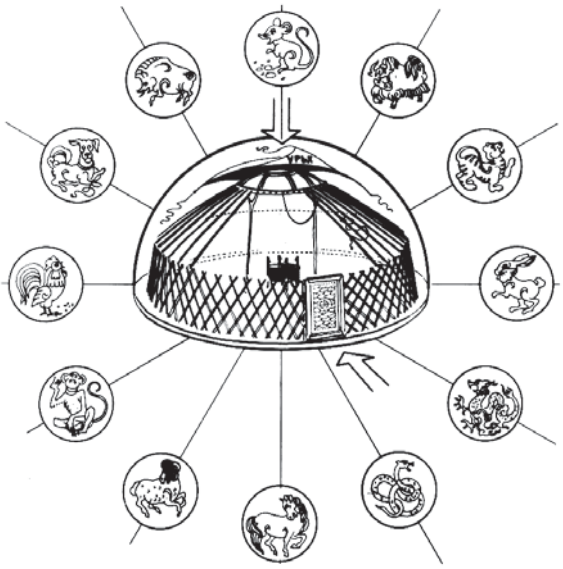


Рис. 1.0.0.7. «Звериный» календарь, совмещенный с планом юрты.

В христианских церквях крестообразные переплеты окон служат защитой храма от нечистой силы. Любопытно, что в глухой оболочке чума селькупов (народа, населявшего в древности юг Сибири) функции светопроема для наблюдения за окружающим миром и, конечно, защиты жилища, выполнял нарисованный на дверном пологе глаз.

Сакральные функции устрашения или, наоборот, благоволения, с окна как такового постепенно были перенесены на выразительную защитную символику обрамления и сопровождающего декора, на священные тексты и заклинания. Отсутствие окна по функциональным причинам могло возмещаться его изображением как по сакральным, так и просто по композиционным мотивам организации фасада или интерьера.

В помпейских домах глухие стены интерьеров расписывались в виде пейзажей, заключенных в рамку окна или нарисованной галереи. В современных интерьерах, имеющих глухие стены, имитация светопроемов достигается устройством слайдбоксов с крупноформатными цветными подсвеченными фотографиями, эффективно снимающими психологическую изолированность пространства. К этому же разряду визуальных эффектов относятся панорамы. В конце концов каждая картина есть окно в изображаемый художником мир.

Конструктивным решением окна суммируется учет разнообразных требований :

- уровень освещенности;
- прочность и долговечность светопрозрачных ограждений;
- эстетика пропорций и членений;
- дополнительные функции: звуко и теплоизоляция, вентиляция, системы открывания;
- наличие защитных устройств – жалюзей, решеток, ставней, экранов.

Конкретные габариты окна складываются исходя из пространственного решения помещения в целом. Независимо от высоты последнего, низ окна (подоконник) устраивается, как правило, на высоте 80 – 100 см от уровня пола (в жилых домах), а верх – ниже потолка по меньшей мере на толщину перемычки и с учетом места подвески карнизов для крепления штор. Компоновка функционально – конструктивного разреза стены по окнам и дает геометрическую канву для решения фасада – по крайней мере, его членений по вертикали.

Основными элементами проема являются вертикальные срезы стены (косяки) и перемычки, определяющие размеры окна, обеспечивающие конструктивную защищенность рамы и компенсирующие нарушение прочности стены. В окончательном виде конструкция может быть акцентирована декором или выступать неявно, скрытая наличниками, штукатуркой, деталями украшений, переводя тектонику масс в плоскость художественной выразительности.

Функционально необходимые размеры окна диктуются не столько необходимой освещенностью, сколько конструктивными возможностями стенового материала.

Размеры окна в деревянном срубе заданы прочностными параметрами межоконных простенков и венцом в уровне перемычки, и закрепляются зональными традициями плотницкого ремесла.

Ввод в плоскость проема импостов и переплетов вызывался потребностью промежуточных опор для более широких окон и характером светопрозрачного материала. Системы промежуточных стоек и горизонтальных ригелей обеспечили независимость проектирования окон в ширину и высоту от стеновых нагрузок, но визуально должны были демонстрировать тектонику фасада, впечатление его устойчивости и композиционной логики. Выступающие на фасаде крупные конструктивные элементы окон либо участвовали в декоративных «играх», либо маскировались стеклянной плоскостью окна, отступая в глубину помещения (рис. 1.0.0.8).

Долговечность деревянных перемычек в каменных, кирпичных, глинобитных домах зависела от условий эксплуатации и выбора древесины, предпочтительно устойчивой против гниения. Процесс замещения деревянных горизонтальных перемычек арочными каменными во многом стимулировался частыми пожарами. Многие крупные сооружения европейского средневековья, особенно романского периода, хранят следы этого замещения.

Арочными перемычками частично решалась проблема пожарной безопасности, но взамен появилась необходимость погашения усилий горизонтального распора, максимальных для пологих арок, уравновешенных широкими плоскостями толстых стен, и минимальных для стрельчатых, высвобождающих от тяжеловесных инертных масс готические каркасы.

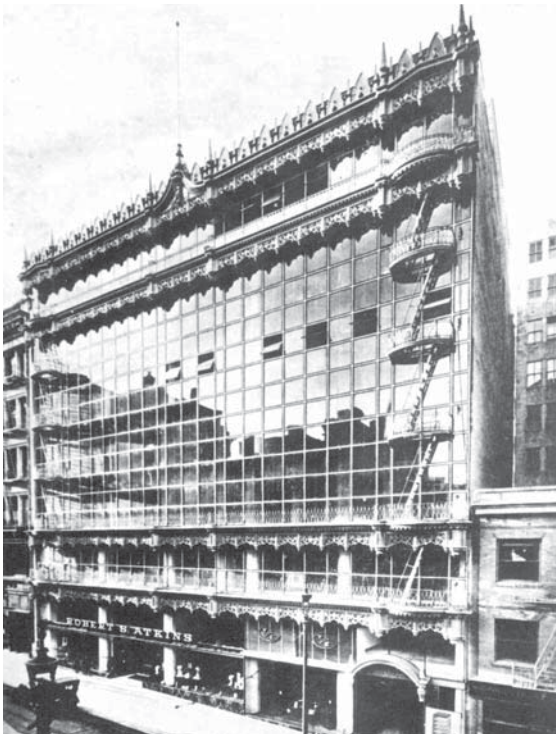


Рис. 1.0.0.8. Здание универмага. Сан-Франциско, США. 1918 г.

Относительной гарантией от разрушения была правильная циркульная форма арок завершения, возводимых по опалубке. Большую уверенность давали двухслойные арки, т.е. арки с перекатом, модификация которых представлена окнами дворцов итальянского Возрождения, реанимировавшего строительный опыт античности. Внешняя арка принимает на себя вес стены, две (или три) внутренние арки уравновешивают друг друга опорой на центральный импост. Есть и другие варианты этой тектонической системы, проштудированные, в частности, византийской архитектурой (рис. 1.0.0.9).

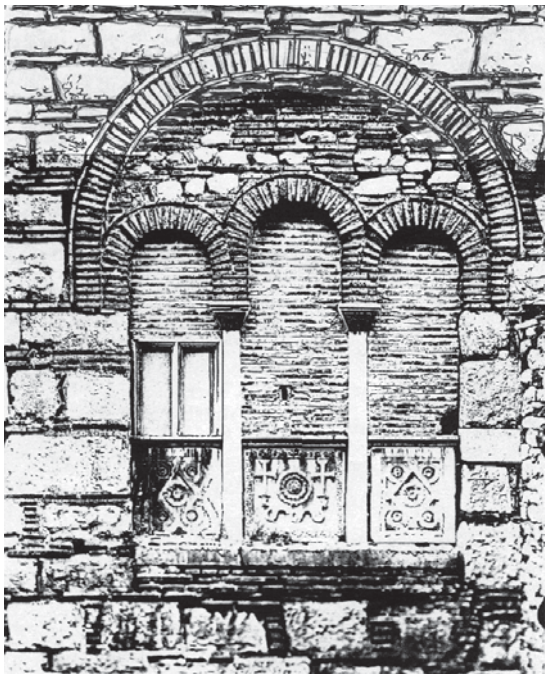


Рис. 1.0.0.9. Арочный проем окна церкви Св. Луки в Фокиде, Греция. XI в.

Крупнейший архитектор – реформатор XX в. Ле Корбюзье, отмечая роль новых материалов в архитектурном творчестве, писал в книге «Лучезарный город»:

«Окно – один из важнейших элементов дома. Новейшие средства раскрепостили окно, железобетон произвел настоящую революцию в его истории. Окна могут быть протянуты вдоль всего фасада, от одного конца до другого» (рис. 1.0.0.10).

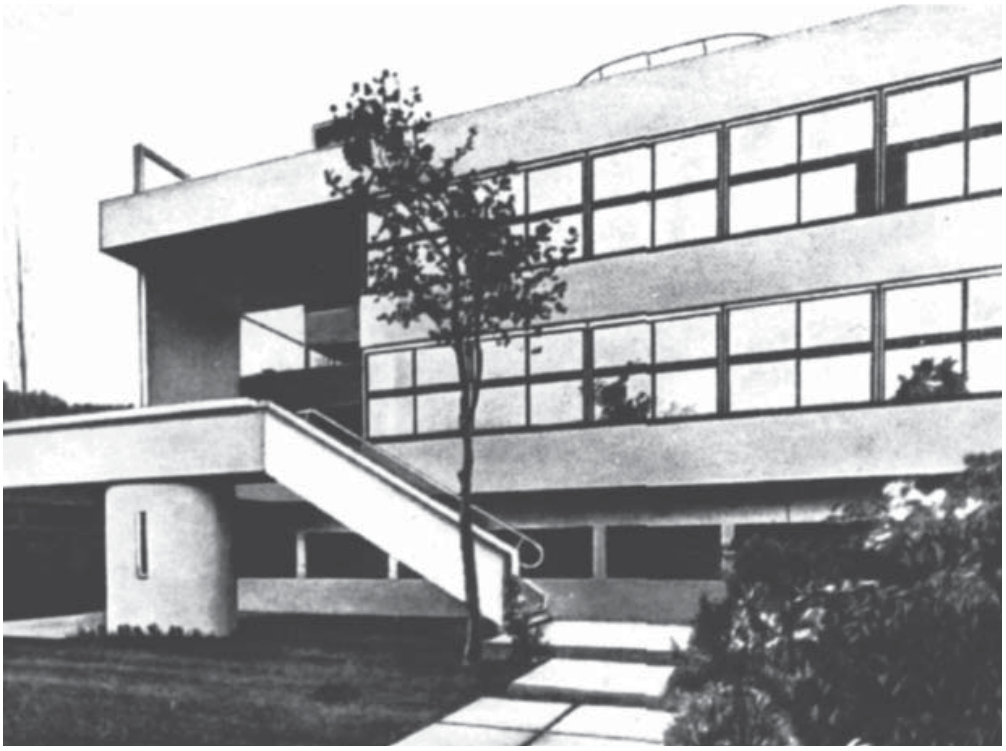


Рис. 1.0.0.10. Вилла в Гарше, Франция. 1927 г.

Но не только использование прочностных качеств железобетона открыло более широкие возможности в архитектуре. Индустриализация строительства, повышение уровня его сборности, преобладание каркасных систем с навесным ограждением позволили перейти от окна как штучной детали фасада к широким остекленным витражам, гармонично противопоставленным по форме и фактуре глухим поверхностям стен. Перерастание функций окна как отдельного проема стены в полностью светопрозрачное ограждение (окно – стена) и конструктивная обеспеченность этого морфологического перехода решили давно назревавшие проблемы архитектуры зимних садов, бассейнов, атриумов и других пространственных элементов архитектуры, опосредующих интерьер и внешний мир .

Буферная роль таких пространств в современном городе очевидна, особенно в экологически небезопасной атмосфере его центральных кварталов. Психология ускоренного ритма городской жизни материализуется экспрессией фасадных и объемных композиций новостроек, перерастающих масштаб сложившейся городской среды. Обширные стеклянные поверхности либо обобщают объемы здания, скрывая его внутреннюю структуру за дымчатым или зеркальным стеклом, либо, напротив, демонстрируют жизнь интерьеров, движение лифтов сквозь прозрачную оболочку. Супермодернистские упражнения включают и упрощенные компьютерной графикой формы исторической архитектуры.

Существенное влияние на масштабность и художественный облик окна оказывает конструкция заполнения – переплеты, импосты, вставки, рисунок которых обусловлен размерами проемов, климатическими обстоятельствами, материалом заполнения, художественными соображениями.

Для относительно мягкого и теплого климата характерно решетчатое заполнение окон, лишь препятствующее залетанию птиц и создающее визуальный экран. Таковы решетчатые окна Китая и Средней Азии. Традиционная архитектура японского жилища показывает варианты заполнения как решетками, так и экранами из рисовой бумаги на легком каркасе, пропускающими свет, но задерживающими нескромный взгляд.

Крупные проемы, например, витражи готических соборов, имеют базовые несущие элементы каркаса заполнения, в кадре пересечения которых дополнительные переплеты формируют рисунок изображения .

Включение стекла в оконные ограждения демонстрирует результаты совершенствования технологии его изготовления: вначале кронгласа, который получили, выливая горячую стеклянную массу на вращающийся стол из толстой деревянной доски. Центробежная сила расплющивала массу в плоский круг небольшого диаметра. Окна из кронгласа характерны для византийской архитектуры . Лишь в последующем, с повсеместным использованием стекла с XVI в., его стали окрашивать в процессе варки, выдувать, резать на относительно тонкие куски.

Но прежде довольно длительное время оконные проемы, особенно в северных странах, затягивались рыбьими или бычьими пузырями, слюдой, расписным полотном, которое для лучшего светопропускания пропитывали растительным маслом и вываривали, что, кстати, привело к изобретению масляных красок, размешиваемых на олифе. С началом использования стекла рисунок переплетов становится все более крупноформатным, в меру развития технологии стекольного дела. Так, если для средневекового окна характерны мелкие квадратные ячейки переплетов, иногда заполняемые разноцветными стеклами, то новейшая строительная практика ориентируется прежде всего на достижение максимального эффекта светопропускания, опираясь на прочностные показатели современного стекла и делая уступку только композиционным соображениям, зависящим от общего архитектурного замысла и визуальной оценки пропорционально-тектонического образа сооружения.

С установлением приоритета стекла как основного материала заполнения оконных проемов главные усилия сосредоточились на усовершенствовании и заданности его качеств. Были разработаны технологии получения стекла высокой прозрачности. Прочность достигалась увеличением толщины стекла, его закалкой, армированием металлической сеткой и пленками, корректировкой его химического состава. Армирование позволяет к тому же сокращать опасность травматизма людей при резких разрушениях стекла.

Требования к различным режимам светопропускания также не остались без внимания. Окраска стекла за счет химических добавок обеспечила архитектуру весомым средством решения художественных и практических задач – достаточно упомянуть витражи готики и модерна, окна с тонированным стеклом, освещающие интерьеры специальных производств и лабораторий. Стекло специального химического состава реагирует на уровень освещенности и снижает эффект перегрева.

Современное окно превращается в довольно сложный с точки зрения функциональной нагрузки и конструктивного исполнения агрегат. Точность подгонки переплетов, включение антивибрационных прокладок, пакетирование оконных блоков выявило необходимость специального решения вопросов вентиляции (ранее за счет естественных зазоров в деревянных переплетах и несовершенства их исполнения воздух свободно циркулировал даже через закрытое окно).

Простейшие форточки, нередко представляющие «неудобную» деталь, которую вынуждены учитывать архитекторы при разработке художественного образа здания, в нас тоящее время заменяются либо специальными отверстиями с механизмами регулирования, либо системами манипуляции фрамугами, размер и конфигурация которых допускает большую маневренность проектирования.

Разработка стеклопакетов приблизила звуко- и теплоизолирующие свойства окон к показателям стены. Теплое межстекольное пространство позволило снять фактор «обреченности» художественного образа здания, например, на севере, где глухие с небольшими окнами поверхности стен представляют зональный признак архитектуры. В число атрибутов окна уже повсеместно, а не только на юге, включаются светозащитные устройства: наружные козырьки, маркизы, вертикальные щиты и жалюзи, прочные шторы на барабанах, в интерьере – элегантные жалюзи легких конструкций.

Ставни применяются все реже, в основном для загородного строительства домов, в архитектурном образе которых акцентируется принадлежность к локальным традициям (южнорусские и украинские жилые дома, швейцарские шале). Металлические шторы и решетки окон и витрин с различной степенью деликатности маскируют обстоятельства своего существования.

Виолле ле Дюк – французский архитектор постнаполеоновской эпохи, в своих исследованиях и реставрационных работах уделял большое внимание конструктивным предпосылкам архитектурной формы, в частности, техническому решению окон, их элементов: косяков, перемычек, импостов, рам, переплетов, ставней. Им предложены различные системы закрывания окон металлическими складчатыми и диафрагменными ставнями, рулонные шторы из металлических полос, крепящиеся к валу (рис. 1.0.0.11).

В их конструкции уже были заложены принципы современных оконных систем из ПВХ: экструдированные профили рам и теплоизоляция металлической коробки, образующей в толще стены «мостик холода» (рис. 1.0.0.12).

Сложная геометрия раскреповок мансардных окон порождает конструктивные сложности и ненадежность гидроизоляции крыши. Размещение окна в плоскости скатов – прием, успешно эксплуатирующийся производителями окон типа «Велюкс», сняло технологическую напряженность устройства кровли и расширило возможности проектирования светопроемов. Разработаны варианты мансардного окна, смягчающие дискомфорт освещения за счет наклонного светопроема. Здесь уместно вспомнить фразу о том, что архитектура преобразует недостатки обстоятельств в достоинства организованной среды.

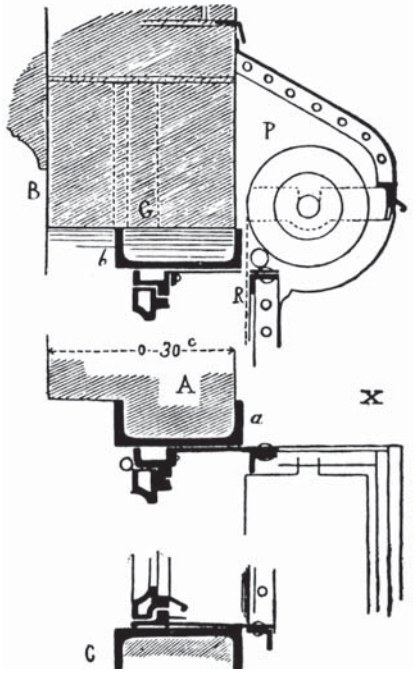


Рис. 1.0.0.11. Конструкция металлического каркаса окна и рулонной шторы (по Виолле де Дюку). XIX в.

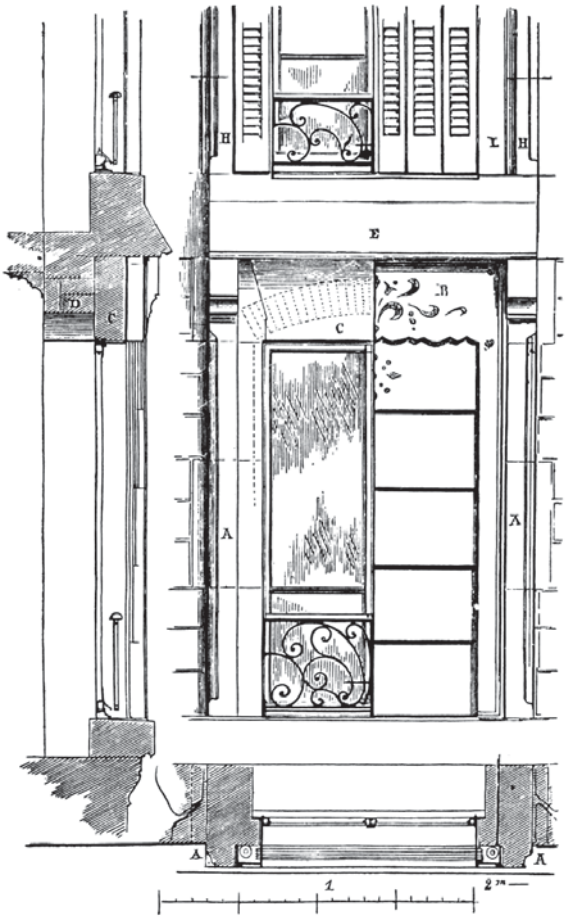


Рис. 1.0.0.12. Складные и шторные ставни окон (по Виолле де Дюку). XIX в.

В современной архитектуре при разработке проектов лишь антропометрические соображения, и то неявно, «помогают» проектировщикам формировать композиционную поверхность фасадов. Беспредельные конструктивные возможности, допускающие свободу выбора размеров и материалов светопроемов, играют отчасти дезориентирующую роль, что приводит к архитектурным явлениям, свидетельствующим о потере авторами чувства тектонической логики. Чтобы оттенить это обстоятельство, напомним, что образы северной русской деревянной избы или «круглого» храма в целом и деталях сложились благодаря техническим ограничениям: размерам сруба и подбору инструментов.

wУтрата опоры на техническую причинность архитектурной формы, в т.ч. и окна, конечно, не объясняет появление как безликих, так и экстравагантных сооружений. Знаком нашего времени становится амбициозность архитектуры, ее ярмарочная бутафорность.

ОКНО КАК ЭЛЕМЕНТ АРХИТЕКТУРНОЙ КОМПОЗИЦИИ

Истоки архитектурной выразительности заложены в функциональной определенности сооружения и его отдельных частей. К числу факторов, формирующих художественный образ здания, относятся :

- тектоника, отображающая технологию возведения и конструктивно- весовые соотношения деталей и целого;
- пропорциональные соотношения видимых частей здания, заданные скрытыми (но понятными) соразмерностями этих частей функциональному процессу, ради которого здание строится, и человеку как масштабному модулю;
- соображения социального характера, в т.ч. амбиции заказчика относительно уровня импозантности сооружения, его лаконичности или декоративной насыщенности, сложившиеся для данной эпохи художественые традиции, этнокультурные константы;
- накопленный опыт художественной переработки и стилизации исходных образцов, особенно для декора.

Как наиболее выразительный элемент фасада окно полностью подчинено действию означенных факторов.

«Несущими» формообразующими являются конструктивные и тектонические обстоятельства, обязывающие «...придать применяемым материалам формы, вытекающие из природы этих материалов» (Виолле ле Дюк, «Беседы об архитектуре»).

История архитектуры последовательно отражает этапы технического совершенствования конструктивных решений светопроемов, сначала при их небольших размерах за счет собственной прочности стенового материала, затем с использованием венчающих перемычек, плоских или арочных.

В бревенчатой избе волоковое окно по размерам, конструктивной и функциональной простоте редко становилось объектом специальной архитектурной обработки. Точно так же малозначительные отверстия в каменной стене были обойдены интересом декоратора, за исключением особых случаев, когда ритмичный ряд небольших проемов расценивался как полноправный участок фасадной композиции.

Относительно крупные окна, перекрываемые перемычками, требовали большего внимания в этом смысле. Арочные перемычки выкладывались из хорошо обработанных и притесанных камней. Это было достаточно выразительным приемом не только для утилитарных, но и социально значимых сооружений в эпохи, эстетика которых тяготела к лаконичной и суровой простоте обнаженной каменной кладки, как, скажем, романская архитектура Испании, весьма скупая, кстати, в отношении окон. Поиски усиления выразительности арочного проема естественно сосредоточились на конструктивно важных и тектонически значимых частях арки: замковом камне и опорных пятах, получивших рельефные или прорезные украшения: в виде зооморфных изображений, раскрепованных полок и капителей, подсказавших и логику привлечения ордерных систем в композицию обрамления проема (рис. 1.0.0.13).

Стрельчатое завершение проемов в готической архитектуре исключило целесообразность акцентирования ключевого камня, зато выявило новые пути усиления выразительности- тянутый, как бы выдавленный через фильтры, рельеф, выступающий как художественной отображение готической тектоники.

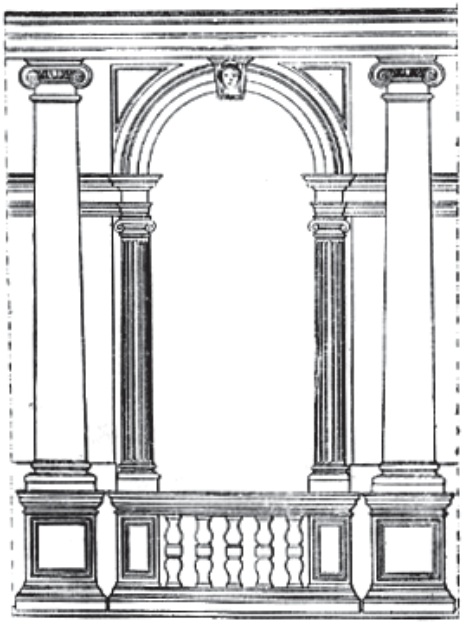


Рис. 1.0.0.13. Окно с арочной перемычкой. Итальянское Возрождение. XV в.

Виртуозная обработка камня – технологический признак европейской архитектуры позднего средневековья – дает наиболее богатую палитру пластических решений оконных обрамлений, освобожденных от античных ордерных канонов. Нельзя также забывать, что к художественным истокам этого этапа западной архитектуры причастны стилистические и художественные находки восточной культуры: народов Ближнего Востока, Мавритании, Индокитая, с феерической щедростью украшавших свои храмы. Усложненные профили кружевных арочных проемов здесь практически полностью утратили связь с изначальной конструктивной логикой, обозначая интерес зодчих лишь к решению художественных задач.

В деревянном зодчестве выразительность обрамления окна решается не приемами тектонической образности, а накладным декором, скрывающим места притески косяков к венцам и на провинциальный манер подражающим формам «большой» архитектуры. Техника резьбы наличников дает множество художественных мотивов, отличающих локальную декоративную стилистику домов северных и среднерусских деревень, вполне самостоятельную как архитектурное явление.

Впечатление органичной включенности окон в раскреповку фасада вызывают дома фахверковой конструкции, в которых рама проема образована деревянным каркасом стены (рис. 1.0.0.14). Слишком крупные с точки зрения антропометрии контуры окна разбиваются по вертикали и горизонтали тягами и импостами, обработанными, как правило, в ордерных традициях. Однако при отсутствии явных признаков несущих функций, которыми обладают, например, колоннада галерей и портиков, колонки оконного декора имеют обычно «расслабленные» формы: витые стволы, вытянутые по вертикали профили баз и капители, дополнительные накладные орнаменты и т.п. Неписаные правила позволяли вольно интерпретировать канонические ордерные системы в применении к окнам и мебели.



Рис. 1.0.0.12. Фахверковая конструкция усадебного дома. Англия, начало XX в.

Эпоха сложения стиля барокко оставила свой след в фасадных композициях созданием иллюзий многоплановых пространств, в связи с чем окна приобретают несколько слоев декоративной одежды со сменой их масштаба, перспективное сокращение рамного декора, усиление орнаментальной насыщенности.

Общая активизация фасадных форм в барокко доводит процесс усложнения конфигурации оконных проемов до полного освобождения от ортодоксальных представлений о статичности тектонической логики и превращают окно в центральный элемент динамичных пластических композиций. И, напротив, бум широкого использования металла в строительстве рубежа XIX-XX вв. способствовал не только переосмыслению конструктивных аспектов архитектурного творчества, но и дал мощный импульс художественной интерпретации технических возможностей металла. С одной стороны, металлокаркас позволил устранить ограничения размеров окон до их полного растворения в сплошной стеклянной поверхности здания (Хрустальный дворец Лондонской Всемирной выставки 1851 г, здание мастерских Баухауза в Дессау 1926 г.), с другой, ажур кованых металлических решеток вошел в кадр окна и ассоциативным сходством переплетов с паутиной, водными растениями, прозрачными крыльями стрекоз удовлетворил моду эпохи на природные формы, представленные миру работами немецкого биолога Э.Геккеля (рис. 1.0.0.15).

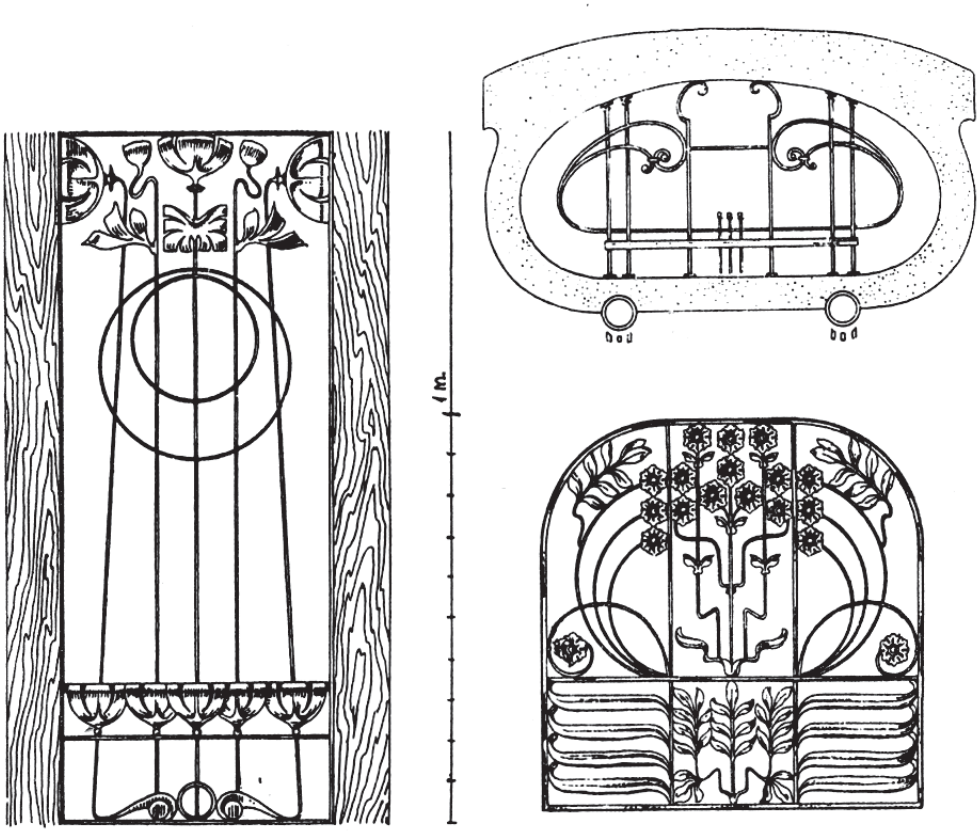


Рис. 1.0.0.15. Оконные решетки в архитектуре модерна, конец XIX в.

Изысканные формы модерна театрализуют весь декоративный репертуар оконных проемов, порой до ввода в композицию фантастических чудовищ и диковинных растений.

Вообще барокко (и его интерьерная параллель рококо) и модерн отмечены избыточной и тонкой декоративностью, традиционно венчающей архитектурные эпохи, начинавшие с образного освоения новых конструктивно – технических потенциалов строительной практики (рис. 1.0.0.16).

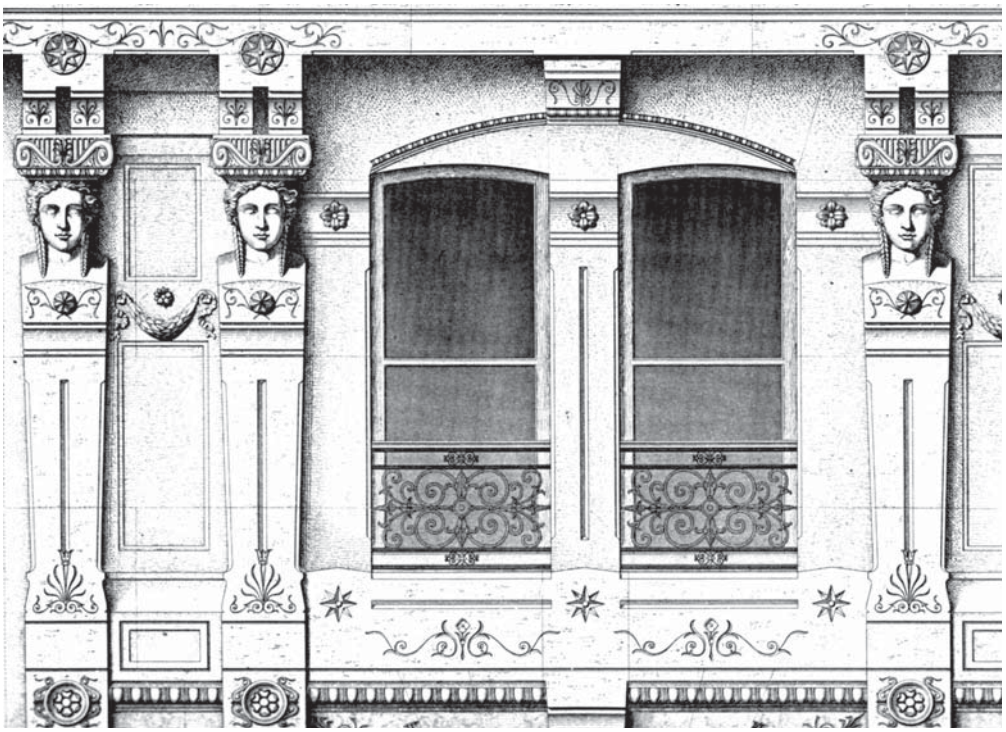


Рис. 1.0.0.16. Декоративное обрамление окон доходного дома. Франция, начало XX в.

Современная эстетика включения оконных проемов в фасадные композиции освобождается от антропометрических ассоциаций и нередко вообще исключает окно из композиционного текста фасада, как у большинства небоскребов Манхеттена (рис. 1.0.0.17).

При всем том появление в масштабно установившейся ткани городов зданий – супергигантов настолько агрессивно противостоит историческому окружению, что их авторам приходится включать в новостройки формы, предоставляющие мост к пониманию их размера и «подключению» к целостному образу существующей среды. Здесь неоценимую услугу оказывают окна, «знакомые» формы и габариты которых обеспечивают такую привязку.

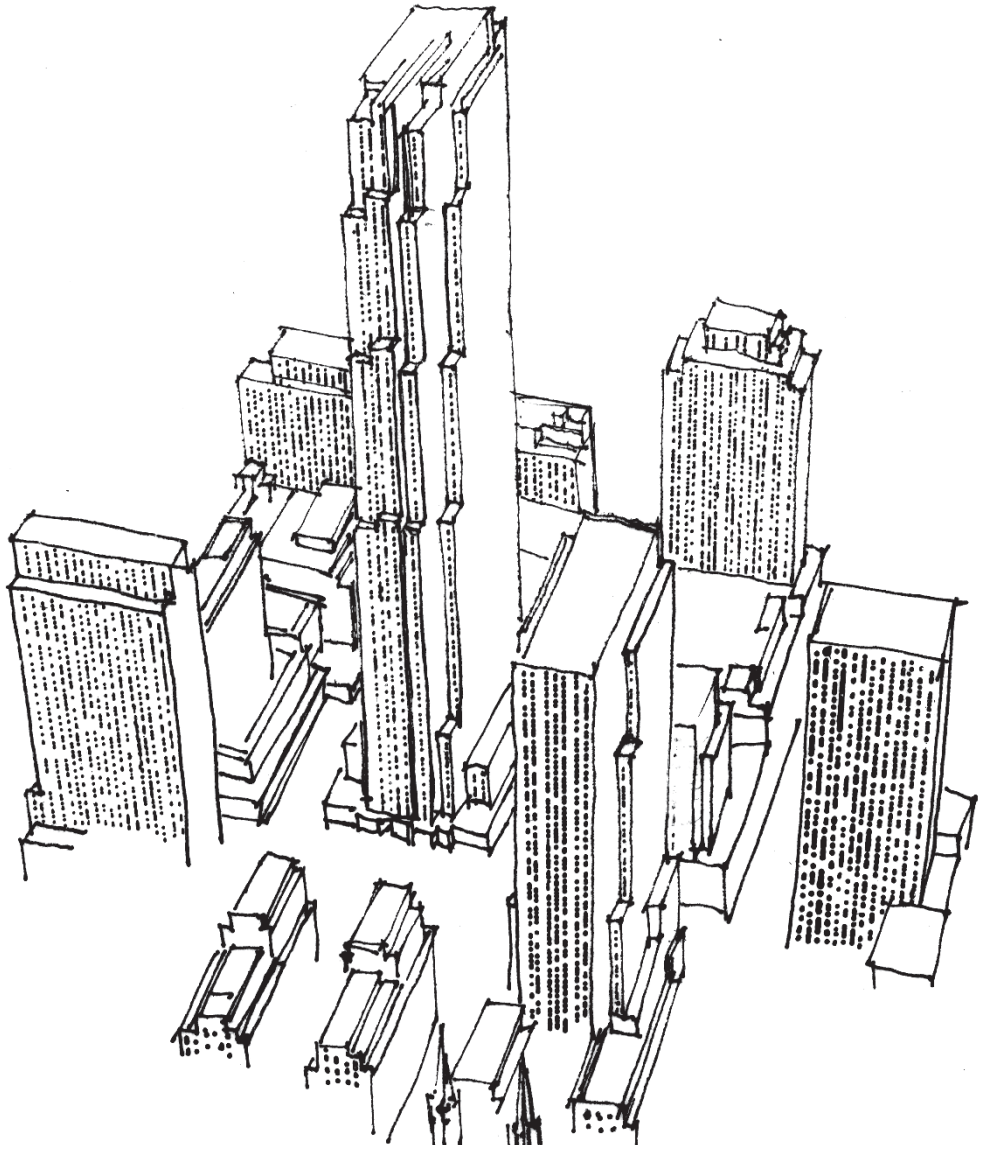


Рис. 1.0.0.17. Рокфеллер-центр в Нью-Йорке. Общий вид. США, 1940 г.

Процесс отчуждения изначального образа окна от его функционального старта нередко приводит к ироничным вариантам его возвращения в архитектуру фасада. Например, в полностью стеклянной стене вычленяются проемы, оформленные в «исторических» стилях, или деформируется сама оконная геометрия фасада – это выглядит безобидно на бумаге, но при реализации настолько опережает развитие общественного вкуса, что нет уверенности в его совпадении с авторским в будущем (рис. 1.0.0.18).

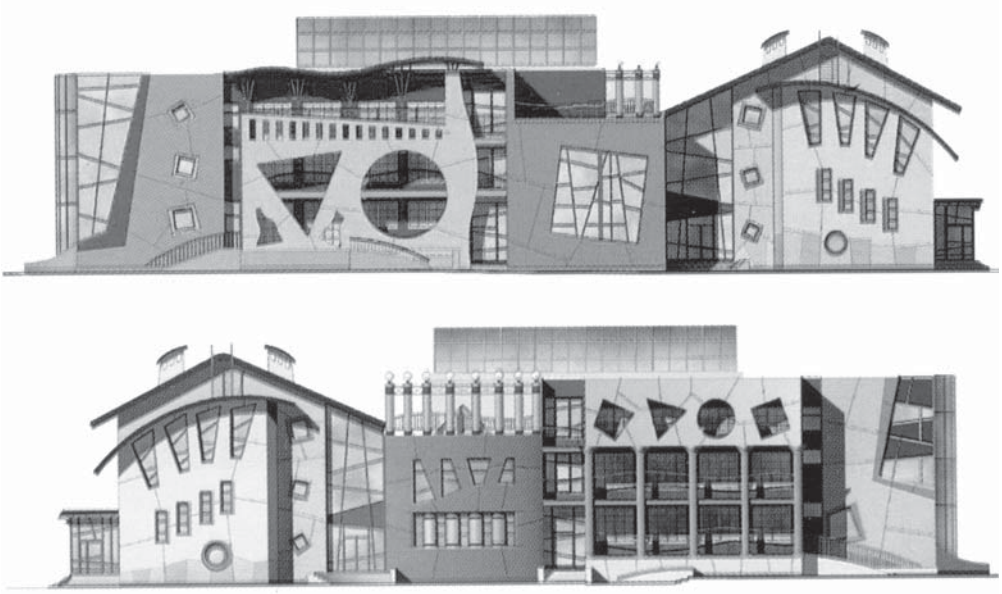


Рис. 1.0.0.18. Проект реабилитационного центра. Фасады. Москва, 2001 г.

НОВЫЕ ОКНА СТАРОГО ЗДАНИЯ

Одним из характерных признаков современной строительной деятельности является реконструкция сложившейся застройки, особенно актуальная в городах, фокусирующих деловые интересы в центральных кварталах исторической застройки высокой плотности. Основное требование городских властей (в архитектурном аспекте) к арендаторам исторических зданий – их реставрация (реконструкция) в состояние, адекватное времени их сооружения. Идеалистичность этого требования очевидна, так как длительному времени существования здания сопутствовали многочисленные перестройки, перепланировки, перебивки декора и изменения окраски фасада, имеющие в ряде случаев не меньшую историческую ценность, чем стартовый вариант его архитектуры. Эта ситуация предоставляет возможности как для волевых действий, так и внимательного подбора такого решения, которое позволит вписать сооружение в стилистический комплекс городского ансамбля безотносительно сложившимся стереотипам реставрационных кодексов.

Произошел перелом в эстетической трактовке «новоделов» – благодаря ряду удачных архитектурных решений, в т.ч. реконструкции Павелецкого вокзала в Москве, где был использован и развит архитектурный код здания дореволюционной постройки.

Выяснение отношений с формальными параграфами реставрационных канонов имеет смысл для преодоления предпроектных препятствий в работе с объектами, имеющим статус памятника архитектуры. Приспособительные работы по таким объектам нередко наталкиваются на невозможность обеспечения современных комфортных условий в их интерьерах без радикальной перепланировки.

Конечно, речь не идет, предположим, о растеске оконных проемов Поганкиных палат в Пскове из-за того, что их нынешние окна не обеспечивают достаточной естественной освещенности. Но замена окон столярной работы прошлых веков в обычном здании гражданской архитектуры окнами индустриального изготовления с лаконичным рисунком переплетов, не повторяющим оригинал, а учитывающим только императив композиционных соображений «hic et nune» («здесь и сейчас» – лат.), на наш взгляд полностью допустима и должна быть освобождена от давления догм, какую бы высокую культурную цель они ни преследовали.

Бесспорно, форма и размер оконных проемов, рисунок переплетов отражают технические и стилистические особенности архитектуры своей эпохи, и составляют неотъемлемую часть художественного образа здания. И это относится не только к таким окнам, форма которых представляет наиболее активный элемент фасада (архитектура готики или модерна), но и к окнам «рядовым», претендующим не более чем на утилитарную роль, ибо стилистическая целостность формируется гармонией художественных акцентов и фонового ряда.

Подобные обстоятельства и составляют основу соображений, табулирующих для реконструируемых зданий модернизацию формы и конструкции оконных проемов, хотя последние наиболее выпукло демонстрируют факт обновления функционального и комфортного содержания здания, да и **весьма немногие архивные проекты имеют разработку оконных кадров – во всяком случае ни в увражах А.Палладио, ни в архитектурных альбомах М.Казакова нет и намека на рисунок переплетов.** И, возможно, бесперепетное остекление окон в реставрируемых зданиях и есть наиболее тонкий и точный ответ на вопрос о стилистическом соответствии окна проектной идее в целом. Очевидно, впрочем, что стандартных рецептов в стилистических играх при разработке проектов реставрации или приспособительной реконструкции не существует.

При всем том достаточная технологическая гибкость в индустриальном производстве оконных конструкций в принципе может обеспечить имитацию любых форм и материалов. Но возникает вопрос, нужны ли эти эстетизированные упражнения человеку современного менталитета, уже с иронией воспринимающего ностальгические эксперименты в архитектуре, к тому же недостаточно грамотные? И не будет ли лучшим доказательством преемственности в архитектуре просвечивающий сквозь новые окна исторического фасада деловой интерьер современного офиса.

Решение, подсказанное конкретной ситуацией, созревает при творческом суммировании исходной информации с оценкой культурно – исторического статуса сооружения, функционального задания и профессионального такта проектировщиков.

ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННЫЕ ОКОННЫЕ СИСТЕМЫ ИЗ ПВХ, ДЕРЕВА И АЛЮМИНИЯ.

2.1. СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.

Светопрозрачные ограждающие конструкции предназначены для обеспечения необходимой естественной освещенности помещений и возможности визуального контакта с окружающей средой. К основным светопрозрачным ограждающим конструкциям гражданских зданий относятся:

- окна и остекленные двери (входные и балконные),
- витражи и витрины,
- остекленные стены фасадов,
- элементы остекления крыш (фонари и наклонные остекленные поверхности), ограждения зимних садов, торговых павильонов и др.

Конструкции светопрозрачных ограждений подвержены нагрузкам и воздействиям. К **нагрузкам** относятся ***все действия и причины, которые приводят к возникновению в конструктивном элементе внутренних напряжений и, соответственно, деформаций.*** К ним относятся, прежде всего, эксплуатационные нагрузки, такие как давление ветра, снеговая нагрузка и температурные напряжения, а также технологические нагрузки, возникающие при изготовлении, транспортировке и монтаже конструкций. Кроме этого необходимо учитывать косвенные напряжения, возникающие в герметичных стеклопакетах при перепаде давлений, температур и влажности.

Все **воздействия** имеют несиловую природу, и ***не приводят к возникновению в элементах конструкций напряженных состояний.*** Вместе с тем, они представляют из себя некоторую совокупность климатических факторов, оказывающих влияние на человека, находящегося в помещении. К ним относятся: перепады температур и влажности наружного и внутреннего воздуха, шум, естественное освещение от небосвода, солнечная радиация, обеспечивающая инсоляцию и дополнительный нагрев помещения, пыль и атмосферные осадки, водорастворимые химические примеси в атмосферной влаге. К воздействиям также можно отнести видимость – визуальную связь внутреннего и внешнего пространства.

Как несущие конструкции, светопрозрачные элементы ограждений должны обладать необходимой прочностью и жесткостью при действии всех описанных выше нагрузок.

Как ограждающие конструкции – обладать необходимыми теплозащитными, светотехническими, звукоизоляционными качествами, а также герметичностью при действии всех описанных выше ***воздействий***. При этом понятие герметичности следует относить как к сопряжениям элементов непосредственно в пределах светопрозрачной конструкции, так и к местам ее примыкания к непрозрачным участкам стен и покрытий.

Конструкции светопрозрачных ограждений должны быть технологичными, легко транспортируемыми и удобными в монтаже, иметь достаточную химическую стойкость и легко поддаваться очистке. Являясь выразительными элементами фасада и интерьера, окна должны обладать хорошими эстетическими качествами и долговечностью, а также быть удобными и доступными для обслуживания при эксплуатации.

По конструктивной схеме ***светопрозрачные конструкции подразделяются на оконные и витражные.*** **Оконные конструкции** предназначены для застекления типовых или нестандартных небольших проемов в стенах, а остекление выполняет в них чисто ограждающую функцию. **Витражные конструкции,** помимо выполнения ограждающих функций, являются также элементом несущих или самонесущих конструкций, и предназначены для застекления вертикальных и наклонных поверхностей большой площади. К витражным конструкциям относятся стены фасадов, зимних садов, торговых павильонов и т.п.

- Согласно Германскому промышленному стандарту 18 056 **застекленной навесной стеной** является стена, у которой:

1. Площадь более 9 м 2;
2. Длина меньшей из сторон превышает 2 м.

По типу открывания окна подразделяются *на поворотные, поворотно-откидные, откидные, распашные, раздвижные и глухие;* **по конструкции переплетов** н*а одинарные, спаренные, раздельные и раздельно-спаренные.*

Кроме того, все светопрозрачные конструкции подразделяются по материалу используемых в них профилей.

Стандартная конструкция ***оконного блока*** включает стационарную контурную обвязку – ***коробку*** (в ряде источников – ***раму***), подвижно закрепленные на ней элементы – ***переплеты*** *(в зарубежной технической документации –* ***створки***), а также элементы ***остекления*** (обычно в виде стеклопакета) и ***фурнитуру***. В зависимости от площади проема и действующей ветровой нагрузки, в конструкцию коробки (рамы) для обеспечения жесткости вводят промежуточные вертикальные элементы – ***импосты*** и горизонтальные – ***поперечины***. Дополнительно в оконном блоке могут быть установлены устройства для вентиляции и различные защитные экраны.

О*конные и витражные светопрозрачные конструкции в зависимости от материала и типа сечения оконных коробок и створок относятся к той или иной* ***системе оконных профилей****. Под* **системой оконных профилей** ***будем понимать совокупность профилей различного назначения, подразделяемых на основные и дополнительные и выпускаемых определенным производителем.***

В качестве материала для изготовления оконных профилей в традиционных окнах, применявшихся в России до настоящего времени, использовалось дерево, в современных системах – поливинилхлорид (ПВХ), дерево, алюминий, стеклопластики, а также комбинированные системы – алюминий в сочетании с деревом и ПВХ в сочетании с алюминием. Геометрия и характеристики сечений могут изменяться в зависимости от производителей в отдельных деталях, однако при этом у всех фирм сохраняется единый общий принцип построения как отдельных профилей, так и системы в целом.

2.2. ОКНА С ПЕРЕПЛЕТАМИ ИЗ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА.

2.2.1. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД КАК МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ

Поливинилхлорид (ПВХ) относится к старейшим искусственным материалам. Впервые поливинилхлорид был получен в лабораторных условиях в 1835 году французским горным инженером и химиком Анри Виктором Реньо. Реньо, получивший раствор винилхлорида, случайно обнаружил, что по истечении некоторого времени в пробирке образовался белый порошок. Ученый провел с порошком различные опыты, но, не получив никакого удовлетворительного результата, утратил интерес к случайно открытому им веществу.

В 1878 году продукт полимеризации винилхлорида впервые был исследован более подробно, но результаты исследований так и не стали достоянием промышленности. Это произошло только в нашем столетии. В 1913 году немецкий ученый Фриц Клатте получил первый патент на производство ПВХ. Он предполагал использовать трудно воспламеняемый поливинилхлорид вместо легко воспламеняемого целлюлоида. Начавшаяся Первая мировая война помешала Фрицу Клатте заняться подробным исследованием свойств ПВХ и возможностей его применения, а производство было приостановлено. Тем не менее, Клатте по праву считается основоположником промышленного производства ПВХ.

Производство ПВХ в крупных масштабах началось в 30-е годы в Германии. В это же время успешные разработки в этой области были проведены в США и Англии. После окончания Второй мировой войны поливинилхлорид стал самым массовым материалом для изготовления труб, профилей, покрытий для пола, пленок, кабельной изоляции и множества других пластмассовых изделий.

Родиной современных окон с переплетами из ПВХ (в дальнейшем – окон из ПВХ) по общему признанию является Германия. Именно здесь в 1954 году фирмой “Trocal” оконные профили из ПВХ были впервые запущены в серийное производство. На сегодняшний день по разнообразию оконных профилей оконные ПВХ-системы являются наиболее гибкими и технологичными. Относительно низкая стоимость сырья и производства, наряду с хорошими физическими характеристиками (низкая теплопроводность, достаточно высокая химическая стойкость), сделали их самыми массовыми в центральной Европе.

Вместе с тем, эксплуатация окон из ПВХ в странах с суровым континентальным климатом, к числу которых относится и Россия, связана с определенными техническими ограничениями, обусловленными специфическими свойствами поливинилхлорида.

По своему химическому составу поливинилхлорид относится к группе термопластов, для которых характерно быстрое снижение механических свойств при повышении температуры, обусловленное линейным строением молекул полимера и их малой связью друг с другом, снижающейся при нагревании. Такое строение обуславливает сильную зависимость свойств поливинилхлорида от температуры.

Непосредственно перед оценкой физико-механических свойств ПВХ приведем термины и определения сопротивления материалов.

Как известно, механические испытания материалов могут быть статическими (нагрузка на образец увеличивается постепенно), динамическими (нагрузка на образец действует мгновенно) и повторно-переменными (нагрузка на образец многократно из-

меняется по величине и направлению). Набор необходимых испытаний определяется в соответствии с характером напряжений, возникающих в элементе под воздействием эксплуатационных и технологических нагрузок. ***ПВХ-профили испытывают*** на ***растяжение*** и ***удар***. Кроме того, для ПВХ как полимера важны такие показатели как ***температура размягчения, коэффициент линейного расширения и цветоустойчивость.***

В соответствии с законом Гука, удлинение образца при его испытаниях на растяжение до определенного предела растет по прямой пропорциональной зависимости, характеризующей упругие свойства материала. Коэффициент пропорциональности является величиной, оценивающей степень сопротивления материала упругой деформации и называется модулем продольной упругости (модулем упругости) *E* [Н/м^2, МН/м^2, Н/мм^2, кгс/см^2]. *Чем больше **E**, тем меньше упругая деформация и наоборот.*

В качестве иллюстрации приведем сравнительную таблицу значений модуля упругости различных материалов.

Табл. 2.2.1.1

Модуль упругости различных материалов

Материал	**E** , Н/мм^2
ПВХ твердый	**2 700**
Дерево вдоль волокон	**10 000 – 14 000**
Бетон	**10 000 – 30 000**
Стеклопластик	**18 000 – 60 000**
Дерево поперек волокон	**50 000**
Алюминий	**6 7 500**
Алюминиевые сплавы	**71 000**
Сталь	**210 000**

Зависимость модуля упругости ПВХ от температуры приведена на рис. рис.2.2.1.1.

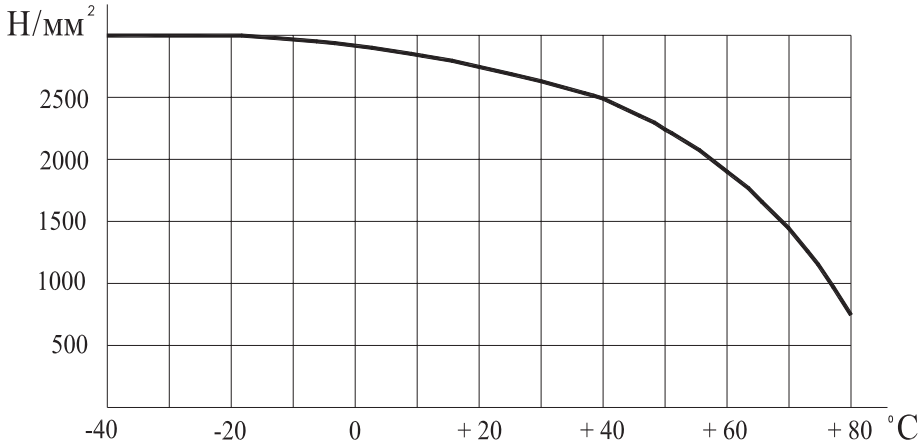


Рис. 2.2.1.1. Зависимость модуля упругости ПВХ от температуры

В пределах закона Гука растяжение образца происходит без образования необратимых остаточных деформаций. При определенной нагрузке **Рв** на образце начинается образование местного сужения (шейки). **Пределом прочности при растяжении** назы-

вают напряжение **σв** [Н/м^2, МН/м^2, Н/мм^2, кгс/см^2], соответствующее нагрузке **Рв**, и определяемое как

$$\sigma_в = P_в / F_0,$$

где F_0 – исходная площадь поперечного сечения образца.

При нагрузке **Pz** происходит разрыв образца. **Пределом прочности при разрыве** называют напряжение **σz**, определяемое отношением нагрузки в момент разрыва к площади поперечного сечения образца F_1 в месте разрыва

$$\sigma_z = P_z / F_1$$

Относительным удлинением при разрыве d называют отношение приращения длины образца после разрыва L_1, к его расчетной длине L_0, выраженное в процентах

$$d = [(L_1 - L_0) / L_0] \times 100\%$$

Испытания на удар позволяют определять способность материала противодействовать динамическим нагрузкам и выявлять склонность материала к хрупкому разрушению при различных температурах.

Для испытаний применяют стандартные образцы квадратного или прямоугольного сечения с надрезом или без него. Образец устанавливают на двух опорах, после чего на него с некоторой высоты **H** падает груз весом **P** , разрушает образец и по инерции снова поднимается на некоторую высоту h. При этом на разрушение образца затрачивается работа $A_н = P (H-h)$ [Дж, кДж].

Ударную вязкость $a_н$ [Дж/м^2, кДж/м^2] определяют как отношение работы, затраченной на разрушение образца, к площади поперечного сечения образца $F_н$ в месте надреза

$$a_н = A_н / F_н$$

Испытания на твердость производят по различным шкалам, путем вдавливания в материал стальных шариков, алмазных наконечников и др. Твердость определяют как отношение приложенной нагрузки к площади отпечатка.

Таким образом, для ПВХ может быть выведена группа показателей, характеризующих его поведение как конструкционного материала в процессе изготовления, установки и эксплуатации окна при сочетании различных нагрузок и воздействий.

Как видно из графика, показанного на рис. 2.2.1.1, при понижении температуры модуль упругости ПВХ повышается, а следовательно, растут и его прочностные характеристики на растяжение, сжатие и изгиб. Однако, при этом увеличивается его хрупкость (падает ударная вязкость). Так, при понижении температуры ПВХ с 23 до 0 оС, его ударная вязкость падает вдвое. Не случайно оконные фирмы, имеющие достаточный опыт работы, приостанавливают монтажи окон из ПВХ в зимнее время при температуре наружного воздуха ниже –10 – 15 оС, когда риск хрупкого разрушения ПВХ при механическом воздействии велик.

С повышением температуры поливинилхлорид постепенно размягчается – его относительное удлинение при разрыве увеличивается, прочность на сжатие и изгиб падает. В зоне температур от +10 ^{o}C до +40 ^{o}C механические характеристики уменьшаются очень незначительно, и в большинстве случаев этими изменениями можно пренебречь.

Резкое падение прочностных свойств ПВХ начинается выше температуры +40 ^{o}C, а вблизи t = +80 ^{o}C находится его точка размягчения. Таким образом, можно сделать вывод о том, ***что применение ПВХ-окон недопустимо в помещениях с повышенными тепловыделениями, а при проектировании окон, ориентированных на южную сторону, следует предусматривать мероприятия, предотвращающие перегрев оконного профиля.***

По своему химическому составу поливинилхлорид состоит из элементов углерода, водорода и хлора. Устойчив к воздействию большинства химических реагентов. Ниже приведен сокращенный вариант таблицы устойчивости ПВХ к воздействию различных химических веществ. Полностью таблица приводится в техническом руководстве всех производителей профильных систем из ПВХ.

Табл.2.2.1.2

Таблица устойчивости ПВХ к воздействию различных химических веществ

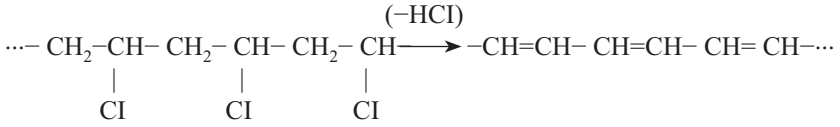
N п/п	Наименование вещества	Концентрация	При t, °С
Группа I. Высокая сопротивляемость			
1	Азотная кислота	10%	60
2	Аммиак, водный раствор	Конц.	40
3	Дизельное топливо		20
4	Машинное масло		60
5	Муравьиная кислота	100%	40
		10%	60
6	Натровый щелок	10%	60
		40%	60
7	Оливковое масло		60
8	Перманганат калия	Насыщенный 20 °С	60
9	Серная кислота	10%	60
		96%	60
10	Скипидар		20
11	Соляная кислота	10%	60
		35%	60
12	Хлорид натрия	10%	60
13	Этанол		40
Группа II. Слабая сопротивляемость			
1	Уксусная кислота	100%	20
2	Царская водка		40
Группа III. Отсутствие сопротивляемости			
1	Анилин		20
2	Бензол		20
3	Бензино-бензоловая смесь		20
4	Диэтилэфир		20
5	Крезол – М		20
6	Ксилол		20
7	Толуол		20

ПВХ относится к той небольшой группе полимеров, которые производятся не полностью на основе нефти. В качестве сырья для его производства используется добываемый из нефти этилен (43%) и хлор (57%), добываемый из поваренной соли.

Из каменной соли посредством электролиза хлористого натрия получается хлор. Из нефти получается этилен. Этилен и хлор вступают в реакцию с образованием дихлорэтана, из которого в результате последующей реакции образуется винилхлорид. Винилхлорид превращается посредством полимеризации в поливинилхлорид.

Процесс образования ПВХ можно условно разделить на четыре метода, при этом 80% всего ПВХ добывается по так называемой «полимеризации в суспензии». Этот метод основан на том, что винилхлорид нерастворим в воде. Винилхлорид диспергируется в воду через трубки в реактор давления, объемом 80...150 м^3 . Таким образом, винилхлорид разделяется на микрокапельки и подогревается до необходимой температуры 40 – 80 ^{o}C. После ввода в суспензию растворимого инициатора реакции (как правило органического пероксида) начинается полимеризация отдельных капелек винилхлорида.

Поскольку процесс полимеризации сопровождается выделением теплоты, то возникает опасность терморазложения ПВХ – возникновение обратной реакции дегидрохлорирования – разложение молекулы ПВХ с выделением соляной кислоты.



Под воздействием образовавшегося соединения ПВХ изменяет цвет и становится красно-коричневым. Выделяемая соляная кислота ускоряет каталитически дальнейшее разрушение ПВХ. Для того, чтобы избежать обратной реакции, добавляется специальный стабилизатор, который покрывает образовавшиеся в результате полимеризации частички защитной оболочкой. Эти суспензированные частицы, размером от 20 до 200 mm легко отделяются на центрифуге, сите или фильтрах, а не вступивший в реакцию винилхлорид удаляется в виде газа при помощи специальной аппаратуры.

В подавляющем большинстве ПВХ-профилей, производимых в настоящее время, в качестве термостабилизатора используются соединения свинца (Pb). Вследствие токсичности применение свинца как такового строго регулируется особыми промышленными правилами Европейского Сообщества (ЕС). Работы по приготовлению ПВХ с различными типами термостабилизаторов строго регламентируются правительственными нормами безопасности по ПДК (предельно допустимой концентрации) на производстве. Однако, внедренный в состав порошка из суспензированных частиц ПВХ-компаунда свинцовый термостабилизатор не может мигрировать из его состава, и свинец никак не выделяется из стабилизатора.

В настоящее время в Европе наблюдается тенденция перехода к использованию при производстве ПВХ стабилизаторов на основе более чистых и безопасных для человека кальция и цинка. Кальциево-цинковые (Ca/Zn) термостабилизаторы и их соли большинства кислот признаны нетоксичными, не генерирующими токсичных веществ в соединении с другими добавками в компаунде. Такая технология является более дорогой, однако ее применение делает процесс производства ПВХ более экологически чистым.

Кальциево-цинковую стабилизацию уже много лет применяют такие известные немецкие производители профилей как PLUS PLAN (система PlusTec) и Brugmann.

Физико-механические и химические свойства ПВХ, стабилизированного свинцом и кальцием-цинком, практически не отличаются друг от друга. Ниже приведена сравнительная таблица технических характеристик материала профилей с различной стабилизацией.

Табл. 2.2.1.3

Физические характеристики поливинилхлорида с различной стабилизацией

Характеристика	Единица измерения	Стабилизация свинец	Стабилизация кальций-цинк
Объемный вес	кг/м^3	1500	1460
Модуль упругости	Н/мм^2	2,98	2,46
Коэффициент температурного расширения	1/^{o}C	70 x 10^{-6}	
Температура размягчения	^{o}C	82,5	79,5
Предел прочности при растяжении	Н/мм^2	43	41
Относительное удлинение при разрыве	%	101	94
Ударная вязкость образца с надрезом при +23 ^{o}C	КДж/м^2	56	63
Ударная вязкость образца с надрезом при 0 ^{o}C	КДж/м^2	27	32
Твердость D по Шору	Единица твердости	74	71

Кроме стабилизаторов в состав ПВХ-компаунда входят различные добавки, позволяющие регулировать как его эксплуатационные, так и технологические свойства. К ним относятся:

1. **Красящие вещества (пигменты),** в качестве которых при производстве ПВХ-профиля используются обычно оксид титана (белый) и оксид железа (коричневый). Не используются пигменты содержащие кадмий.
2. **Смазочные вещества,** например воск или мыло, являющиеся вспомогательными материалами, облегчающими текучесть расплава ПВХ-смеси за счет того, что они смазывают поверхность между расплавом и металлическими стенками экструдера.
3. **Наполнители,** служащие для улучшения физико-химических характеристик ПВХ-профиля и расширения возможностей его обработки. Основной объем среди наполнителей занимает мел, не представляющий никакой опасности для здоровья и окружающей среды.
4. **Пластификаторы,** предназначенные для повышения эластичности ПВХ при отрицательных температурах. Относительно хрупкий с низкой ударной вязкостью твердый ПВХ, используемый в оконном производстве, перемешивается, как правило, с акрилкаучуком. Такой ПВХ называется модифицированным и имеет относительно равномерную хрупкость во всем рабочем диапазоне температур – от + 30 до – 30 ^{o}C.

ПВХ-профили получают методом экструзии – непрерывного выдавливания размягченного материала через отверстие определенного сечения, определяемого типом

фильеры (детали машины для формования химических волокон в виде колпачка или пластины) при температуре 80-120 ^{o}C.

Экструдер состоит из привода с двигателем и редуктором, а также цилиндра с находящимися внутри него шнеками и входной воронкой. Загружаемый через входную воронку материал перемешивается в зоне разогрева цилиндра при помощи двух шнеков до гомогенного расплава, который поступает на фильеру.

Расплавленная экструдируемая масса приобретает необходимую форму и размеры в фильере и вакуумном калибре, в котором происходит первоначальное охлаждение профиля.

На следующей стадии профиль поступает на участок вторичного охлаждения, где на него подается холодная вода. Далее расположен узел, который равномерно вытягивает профиль из участка охлаждения и подает его на участок маркировки, где также наклеивается защитная пленка. В конце линии установлена пила, отрезающая профиль необходимого размера, после чего он упаковывается в палеты.

При экструзии необходимо строго выдерживать режимы разогрева смеси и охлаждения профиля. Поскольку ПВХ-профиль имеет сложную пространственную структуру (см. раздел 2.2.2 и 2.2.3) с горизонтальными и вертикальными стенками различной толщины, ***неравномерный температурный режим приводит к искривлению профиля уже непосредственно на стадии экструзии.***

Крупные производители ПВХ-профилей осуществляют выходной контроль геометрических размеров и массы погонного метра через каждый час. Профиль, имеющий отклонения выше допустимых технологическим регламентом, отправляется на вторичную переработку.

Поскольку при экструзии оконных профилей происходит тщательное гомогенное перемешивание всех составных частей рецептуры, то может быть получен материал, спектр свойств которого варьируется в самом широком диапазоне. Вместе с тем применение добавок не изменяет основополагающих свойств ПВХ как термопласта, являющихся определяющими при проектировании оконных конструкций.

Как видно из табл. 2.2.1.3, поливинилхлорид имеет очень высокий коэффициент температурного расширения, равный 70 х 10-6 [1/oC]. Для сравнения эта величина для стали и бетона составляет порядка 10 х 10-6 [1/oC], а для стекла 8.5 х 10-6 [1/oC]. ***Таким образом, ПВХ имеет коэффициент в 10 раз больший по сравнению со стеклом и с материалом примыкающих к окну наружных стен.***

Такое соотношение величин приводит к тому, что температурные деформации, а соответственно, и напряжения в профиле, остеклении и примыкающих к окну конструкциях, резко отличаются по величине. Эта особенность, в сочетании с низким модулем упругости ПВХ, практически полностью определяет конструктивные решения и специфику монтажа металлопластиковых окон.

2.2.2. ПРОФИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ИЗ ПВХ. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ.

Для описания конструктивных решений оконных профилей из ПВХ необходимо дать определение **профильной системы** или, в более распространенном варианте терминологии, – **оконной системы.**

Как и в любой строительной технологии, в данном случае под «системой» понимается определенная номенклатура изделий заводского изготовления, предназначенная для решения специализированных задач. В строительстве хорошо известны такие понятия как «система панельного домостроения», «система навесных фасадов», «системы «сухого строительства» ТИГИ КНАУФ» и т.п. При этом, чем больше изделий заводского изготовления применяется при проведении строительных работ, тем меньше трудозатраты непосредственно на стройплощадке. Кроме того, развитая номенклатура изделий позволяет удовлетворить широкий спектр архитектурных и конструктивных решений. Иными словами ***в определение «система» всегда закладывается определенная идеология, призванная удовлетворить сложную совокупность требований, начиная от решения архитектурно-композиционных задач и заканчивая организацией строительного производства.***

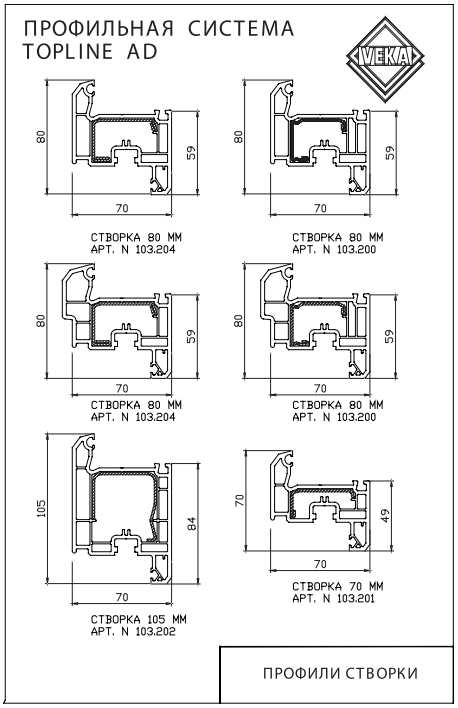
Все развитые оконные системы включают в себя как профили, предназначенные непосредственно для изготовления окон – рамы, створки, импоста и штапика, так и профили, позволяющие осуществить эффективный и качественный монтаж оконного блока в проеме. Профили ***рамы, створки, импоста и штапика,*** а также профили для распашных безимпостных окон (в некоторых источниках – профили с нащельной манжетой (штульпом) или упорной планкой – так называемые ***штульповые профили***) относятся к группе **основных профилей**, которые формируют базу любой профильной системы. Все крупные производители выпускают по 5 – 7 наименований основных профилей каждого вида, что позволяет проектировщику учитывать требования архитектуры, статики и теплотехники для различных климатических районов, в зданиях различной этажности и ориентации. При этом в зависимости от архитектурной композиции и расчетных нагрузок, основные профили устанавливаются в окне в различных комбинациях. На рис. 2.2.2.1 показана таблица основных профилей системы VEKA TOPLINE AD, дающая наглядное представление об их возможном разнообразии.

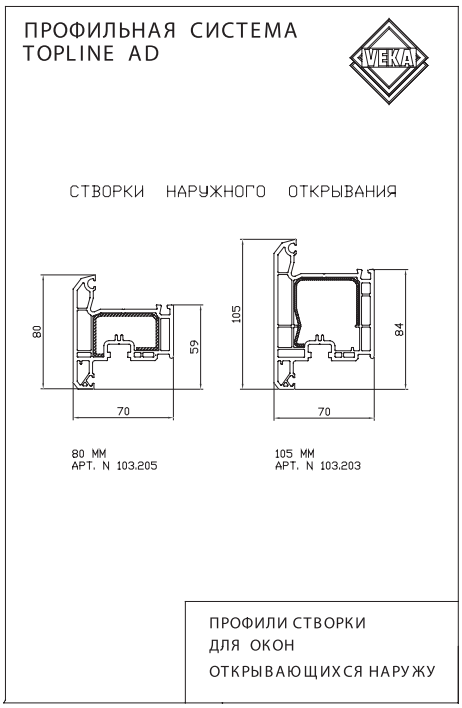
Все профили, отличные от основных, и выпускаемые определенным производителем в рамках конкретной системы, относятся к группе **дополнительных профилей**. Дополнительные профили в каждой оконной системе отличаются многообразием, в силу чего достаточно сложно поддаются классификации. Однако, по функциональному назначению можно принципиально выделить несколько групп наиболее распространенных профилей.

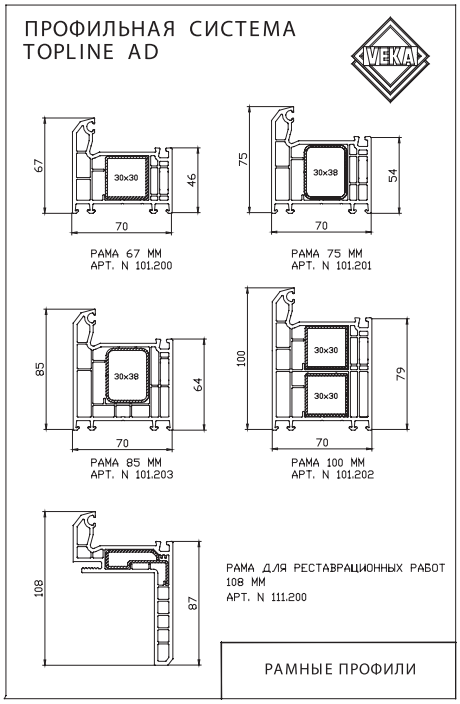
К *первой группе* относятся профили, служащие для обеспечения качественного и технологичного монтажа оконного блока в существующем проеме. К ним относятся подставочные профили, нащельники, удлинители (доборные профили) и облицовочные профили.

Вторую группу дополнительных профилей образуют профили, набор которых определяет гибкость и разнообразие архитектурных решений, возможных в рамках данной системы. К этой группе относятся штапики, соединители, всевозможные декоративные накладки, а также поворотные профили.

В особую группу, функционально занимающую промежуточное положение между основными и дополнительными профилями, следует выделить реставрационные профили и усилители.







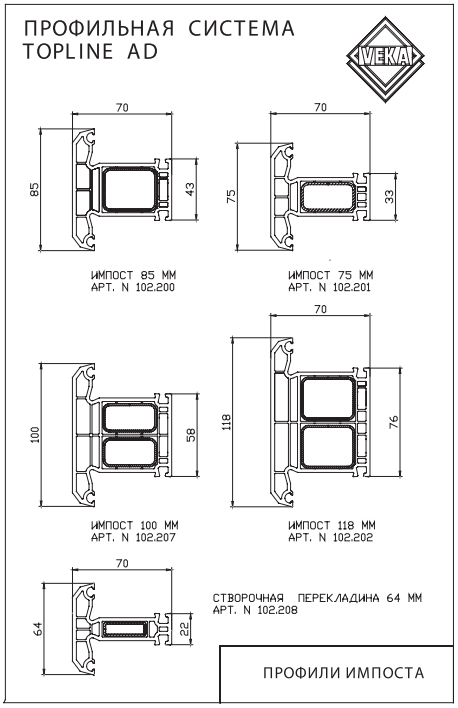


Рис. 2.2.2.1а. Таблица основных профилей системы VEKA TOPLINE AD. Рамы, импосты, створки, реставрационные профили.

Реставрационный профиль представляет из себя профиль рамы, закрепляемый на существующую коробку старого окна без ее демонтажа. Применение реставрационных профилей делает работы по замене окна менее трудоемкими и позволяет сохранить устоявшийся за много лет температуро-влажностный режим в зоне примыкания окна к стене. В качестве недостатка окон с реставрационным профилем следует отметить уменьшение площади светопроема при замене окон.

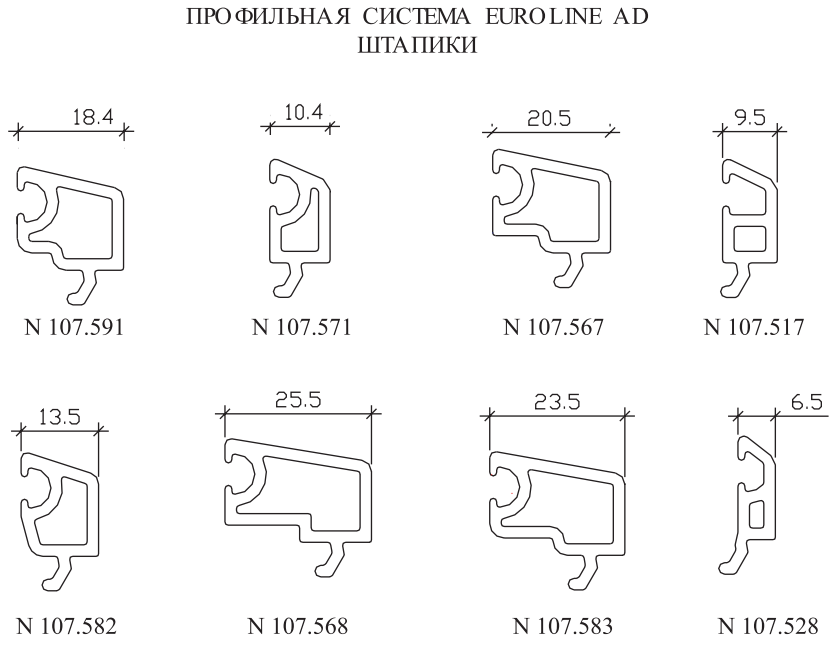


Рис. 2.2.2.1б. Таблица основных профилей системы VEKA EUROLINE AD. Штапики, уплотнители.

Усилители применяются в том случае, если тонкий соединительный профиль или импост не проходит по статическому расчету, а применение более мощного импоста невозможно. В некоторых системах при необходимости предусмотрено применение усилителей из алюминия. Наиболее широкое применение усилители находят в витражных конструкциях, для которых не предусмотрены какие-либо другие специальные профили.

Таким образом, понятие «система оконных профилей из ПВХ» подразумевает:

- наличие зарегистрированной торговой марки производителя;
- собственное оригинальное название непосредственно системы;
- наличие набора профилей, комбинируемых в конструктивные группы (комбинации профилей) и взаимозаменяемых в рамках отдельной системы или смежных с ней систем того же производителя;
- оригинальность состава ПВХ, используемого для производства профилей;
- наличие комплекта конструкторской и технологической документации, обеспечивающей изготовление профилей и оконных блоков из них и включающей в себя необходимые расчеты (программы) и данные технических характеристик изделий.

Использование в одном оконном блоке элементов профильных систем разных производителей не допускается по причине технологических различий в геометрии профилей и физико-механических свойств используемого ПВХ.

2.2.3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ПВХ.

Независимо от производителя, по своей конструкции все ПВХ-системы, образованы тонкостенными полыми профилями (как основными, так и дополнительными), имеющими несколько камер, заполненных воздухом. В зависимости от предъявляемых требований, могут использоваться основные профили с различным числом камер (как правило, трех-, четырех или пятикамерные). При этом с увеличением числа камер растет значение термического сопротивления профиля, а также его жесткость. Толщина стенок профиля, в зависимости от расположения, составляет 1,5–3мм.

В российских климатических условиях применяются профили, имеющие как минимум три камеры (рис.2.2.3.1) – ***основную камеру*** (поз.1), **дренажную камеру** (в ряде источников – предкамеру) (поз.2) и камеру для крепления фурнитуры (поз.3). При этом трехкамерный профиль применяется далеко не всегда. Все крупные производители предлагают вариации профилей, различающиеся по количеству камер (см. рис.2.2.3.1), что дает возможность проектировщику более гибко адаптироваться к конкретным решаемым задачам. Так, например, в проф иль может быть добавлена дополнительная камера для повышения его термического сопротивления (рис.2.2.3.1б), или же, наоборот, одна из камер может быть ликвидирована в пользу более мощного армирования (рис.2.2.3.1в) для восприятия повышенных изгибающих напряжений.

Рама и створка могут иметь наружные поверхности, расположенные в одной плоскости или же смещенные друг относительно друга. При расположении рамы и створки вровень, в профиле появляются дополнительные камеры – предкамеры, что дает возможность устанавливать остекление большей толщины. Такие конструкции называются ***одноплоскостными*** (рис.2.2.3.1д).

Рассмотрим назначение каждой камеры на примере комбинации рамы и створки (рис.2.2.3.1).

Основная камера служит для установки усилительного вкладыша (армирующего профиля – в дальнейшем – ***армирования***). За счет наличия армирующего вкладыша, окна из ПВХ получили свое второе название – металлопластиковые окна.

Армирующие вкладыши, как правило, выполняются из оцинкованной стали и предохраняют профили от избыточных прогибов, которые могут иметь место вследствие низкого значения модуля упругости ПВХ и его высокого коэффициента температурного расширения (см. Табл. 2.2.1.1). Сечение армирующего вкладыша в профилях рамы и створки подбирается исходя из условий работы оконного блока под действием изгибающих температурных напряжений; сечение армирующего вкладыша в профилях импостов и поперечин определяется путем расчета на прогибы, вызываемые давлением ветра (см. раздел 8.1).

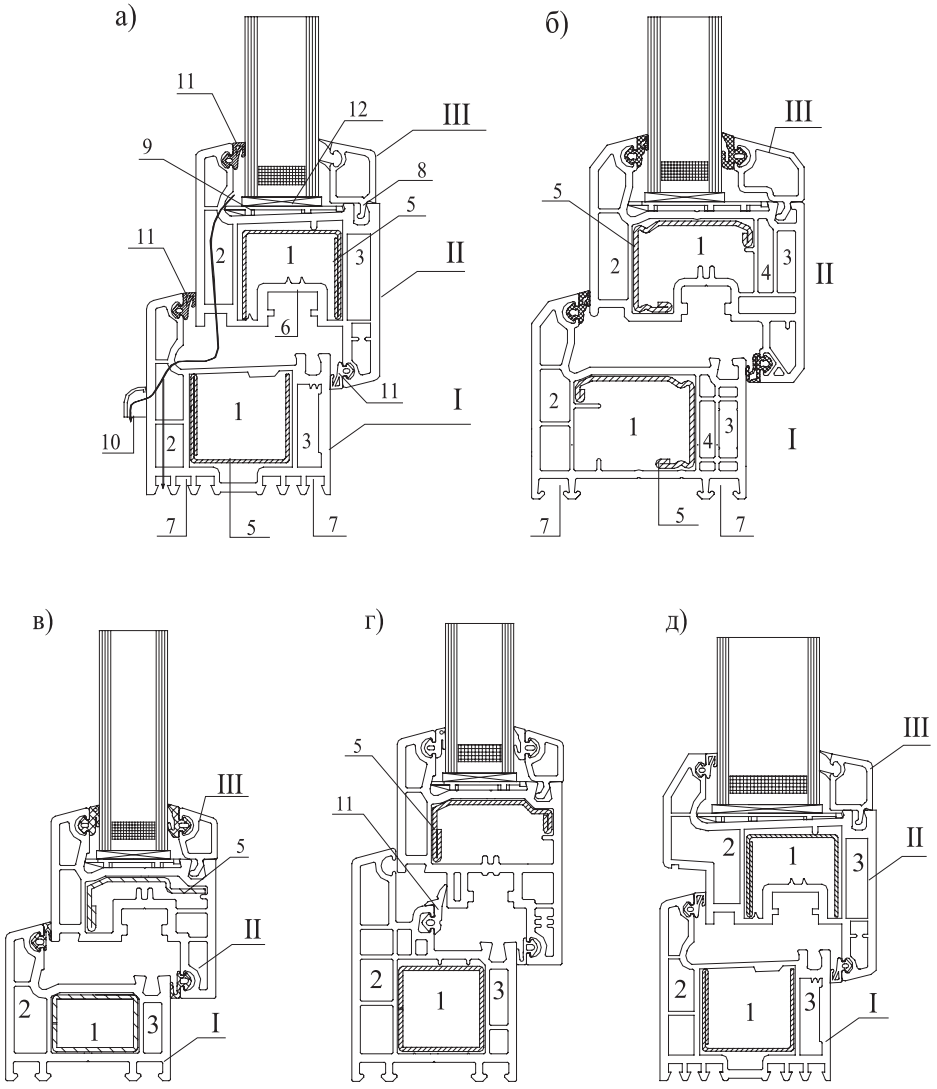


Рис.2.2.3.1. Конструкция оконных профилей из ПВХ. Комбинация рамы и створки.

а) трехкамерные рама и створка (система PlusTec Softline 3-K); б) четырехкамерные рама и створка (система Veka Softline); в) трехкамерная рама и двухкамерная створка (система Veka Euroline AD); г) комбинация рамы и створки со средним уплотнением (система Veka Euroline MD); д) одноплоскостная комбинация рамы и створки (система PlusTec Softline 3-K).

I – профиль коробки (рама), II- профиль створки (створка), III – штапик, III'-штапик с коэкструдированным уплотнением

1 – основная камера, 2 – дренажная камера (предкамера), 3 – камера для крепления фурнитуры, 4 – дополнительная камера для увеличения термического сопротивления, 5 – армирование, 6 – паз для крепления фурнитуры, 7 – пазы для крепления дополнительных профилей, 8 – паз для крепления штапика, 9 – наклонный фальц для отвода воды, 10 – водоотвод, 11 – уплотнения, 12 – подкладка под стеклопакет.

Как уже отмечалось в разделе 2.2.1, поливинилхлорид является полимерным материалом, проявляющим повышенную чувствительность к воздействию температур. Его коэффициент линейного температурного расширения составляет $70x10^{-6}$ 1/°C. Для сравнения эта величина у алюминия равняется $24x10^{-6}$ 1/°C; и $3…6x10^{-6}$ 1/°C – у древесины.

Соответственно, ***на протяжении годового цикла окно из ПВХ подвергается воздействию значительных по величине знакопеременных температурных напряжений, несопоставимых по величине с аналогичными усилиями, возникающими в окнах, изготовленных из других материалов***. Выгиб профильных элементов окна из ПВХ меняет направление в зависимости от сезона: зимой профильные элементы выгибаются в сторону более теплого воздуха помещения; летом – в сторону улицы под действием перегрева, вызываемого солнечной радиацией. За счет сложной пространственной структуры профиля, температурные напряжения неравномерно распределяются по его поперечному сечению, в связи с чем вызываемые ими изгибные деформации являются трудно прогнозируемыми и практически не поддаются математическому анализу.

Армирующий вкладыш, предназначенный для восприятия этих усилий, плотно фиксируется в оконном профиле и закрепляется саморезами с шагом 25-30 см в белых профилях; и 20-25 см – в цветных (окрашенных в массе) профилях. Усилитель для рамы и створки профиля отрезается на 10 мм короче ПВХ-профиля, в который он вставляется. Таким образом, обеспечивается расстояние в 5 мм по краям нарезанного на заготовки оконного профиля, технологически необходимое для соединения заготовок между собой при помощи сварки (см. раздел 2.2.6) (рис.2.2.3.2).

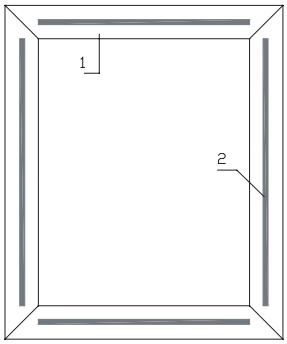


Рис.2.2.3.2. Схема установки армирующего вкладыша (усилителя) в рамных и створочных элементах оконного блока из ПВХ.
1 – ПВХ-профиль рамы (створки);
2 – армирующий вкладыш

После сваривания профильных заготовок между собой получается статически неопределимая рамная конструкция, неравнопрочная по периметру и математически моделируемая в виде сложной расчетной схемы (рис.2.2.3.3). Сварка в углах образует жесткое угловое соединение (рис.2.2.3.3а) профильных элементов из ПВХ, каждый из которых имеет внутренний шарнирно закрепленный стальной стержень (рис.2.2.3.3б). Стальной стержень (армирование) предохраняет профильные элементы от выгиба на прямолинейных участках. Соответственно при этом осуществляется совместная работа ПВХ и стали.

По данным немецких производителей коэффициент линейного температурного расширения (КТР) белого ПВХ-профиля с установленным армированием составляет $25x10^{-6}$ 1/°C, что почти в три раза ниже аналогичной величины для неармированного профиля ($70x10^{-6}$ 1/°C). В силовых расчетах окон из ПВХ принимается значение КТР равное $42x10^{-6}$ 1/°C, учитывающее запас в 60%.

В углах армирующий вкладыш отсутствует и, соответственно, не участвует в работе. Таким образом, коэффициент линейного расширения материала в углах рамы значительно выше прямолинейных участков. При этом прочность углов практически полностью зависит от прочности сварного шва, в основном обеспечиваемой за счет толщины наружных стенок профиля по всему периметру его поперечного сечения (рис.2.2.3.4).

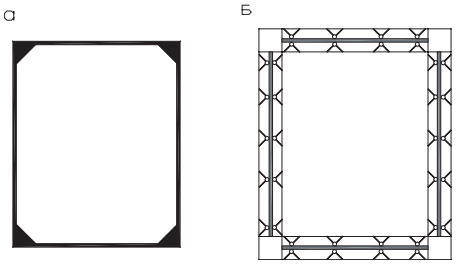


Рис.2.2.3.3. Расчетная схема створочных элементов оконного блока из ПВХ.

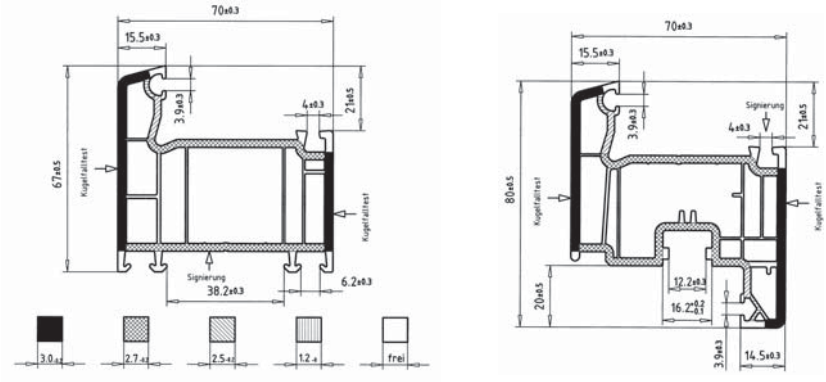


Рис.2.2.3.4. Требования к жесткости сечения рамных и створочных профилей из ПВХ в соответствии немецким промышленным стандартом RAL.

При нарушении расчетной схемы (плохо закрепленное армирование внутри профиля, низкая прочность углового сварного шва), изгибные деформации профиля практически сразу же после начала эксплуатации принимают необратимый характер, после чего дальнейшая эксплуатация окна становится невозможной (рис.2.2.3.5).



Рис.2.2.3.5. Необратимые деформации профильных элементов оконного блока.

Геометрия основной камеры профиля створки предусматривает наличие так называемого ***«европаза»*** (поз 6 рис.2.2.3.1), предназначенного для установки основных элементов фурнитуры (главного механизма с закрепленной в нем оконной ручкой; кронштейнов, обеспечивающих поворотное или поворотно-откидное открывание створки и др.).

При этом петлевая группа закрепляется **в камере для крепления фурнитуры,** (поз.3 рис.2.2.3.1). Створочный профиль конструируется таким образом, чтобы крепежные шурупы всегда проходили бы через две стенки, что повышает усилие выдергивания их из профиля, действующее при открытом положении окна.

Дренажная камера (**в ряде источников** – **предкамера**) оконного профиля предназначена для отвода наружу воды, проникающей через уплотнение при сильном дожде и ветре. С этой целью в раме и створке делается ***наклонный фальц***, имеющий наклон к наружному краю, или специальная ***выемка*** (поз.15), куда стекает вода, попадая затем в ***дренажные отверстия*** (см рис.2.2.3.3.), вырезаемые в нескольких точках внизу окна по длине рамы и створки в дренажной камере. В наклонный фальц с определенным шагом устанавливаются ***выравнивающие прокладки*** (поз. 12) (в распространенной терминологии – мосты), предназначенные для монтажа стеклопакета. Правила установки опорных подкладок описаны в главе 3.

Для обеспечения воздухо – и водонепроницаемости, по всему контуру рамы и створки устанавливаются ***пористые уплотнения****. В зависимости от профильной системы, окно может иметь один, два или три контура уплотнения. В зависимости от расположения в оконном профиле оконные уплотнения могут быть классифицированы как ***наружное, внутреннее и среднее.***

Профильные системы со средним уплотнением имеют определенную специфику с точки зрения изготовления глухих окон, а именно: срезание упорного элемента (поз.2 рис.2.2.3.6), для того, чтобы в рамный профиль вставить стеклопакет. В некоторых системах (например, в системе PLAFEN), упорный элемент для среднего уплотнения предусматривается в съемном варианте.

- Оконные уплотнения изготавливаются, как правило, из материала, обозначаемого аббревиатурой **ЭПТК** (этилен-пропилен-термополимер-каучук). Международное обозначение – **EPDM**. ЭПТК-EPDM обладает значительной долговечностью, устойчивостью по отношению к атмосферным воздействиям, высокой прочностью на растяжение (8.3x106 Н/м^2) и эластичностью (удлинение при разрыве – 400%). При этом его эластичность сохраняется в интервале температур от -50 ^{o}C до +120 ^{o}C. Будучи устойчивым к воздействию кислот и щелочей, ЭПТК-EPDM имеет низкую сопротивляемость по отношению к минеральным маслам и жирам; набухает в таких растворителях, как бензин и углеводороды. При этом процесс набухания носит частично обратимый характер.

Внутреннее уплотнение прижимается к стеклу ***профилем штапика*** (поз. 8 рис.2.2.3.1), для которого в профилях рамы и створки предусмотрен специальный паз. Большинство уплотнений изготавливаются отдельно и устанавливаются в штапик непосредственно в процессе изготовления окна. Существуют также штапики, выпускающиеся с так называемым ***коэкструдированным*** (экструдируемым вместе с профилем штапика) ***уплотнением*** (поз. III' рис.2.2.3.1), которое составляет со штапиком неразрывное целое.

Системы уплотнения и водоотвода из профиля неразрывно связаны между собой и оказывают гораздо большее влияние на теплозащитные свойства оконного профиля и оконного блока в целом, чем количество камер.

Следует особо отметить, что технологическая необходимость в дренажных отверстиях является одним из наиболее уязвимых мест всех без исключения профильных систем из ПВХ. Многочисленные рекламации к оконным фирмам, связанные с выпадением конденсата и образованием наледи в нижней части окна, говорят о том, что эта проблема является одной из наиболее актуальных для пластиковых окон в России.

Согласно п. 5.9.5 ГОСТ 30674-99 «Блоки оконные из поливинилхлоридных профилей. Технические условия», вступившему в действие с 1 января 2001 г., нижние профили рамы, створки и горизонтального импоста должны иметь не менее двух водосливных (дренажных) отверстий, размером 5х20 мм для рам и импостов и 5х10 мм для створок (альтернатива – отверстия диаметром 8 мм). Максимальное расстояние между отверстиями – 600 мм; при этом в стенках профиля отверстия должны быть смещены друг относительно друга не менее чем на 50 мм. При длине профиля до 1000 мм необходимо иметь два отверстия, более 1000 мм – три.

Поскольку после сварки окна (технология изготовления окон – см. раздел 2.2.6) его дренажная камера образует замкнутую по периметру полость, считается, что вода, попавшая в водоотводной фальц внизу рамы или створки, будет эффективно отводиться только при условии устройства отверстий для компенсации ветрового давления в верхней части как рамного, так и створочного профиля. Внутри наружной камеры в этом случае будет создаваться давление, равное атмосферному, и свободное вытекание воды не будет затруднено.

Согласно ГОСТ 30674-99, отверстия для компенсации ветрового давления должны иметь диаметр не менее 6 мм (альтернатива – отверстия размером 5х10 мм). Количество отверстий: при длине профиля до 1000 мм – 2 шт, более 1000 мм – 3 шт. Допускается также удаление наружного уплотнения на участках длиной 30 мм в верхнем профиле рамы.

С точки зрения проектирования водоотвода, существуют разногласия между ГОСТ 30674-99 и техническими рекомендациями крупных производителей профильных систем. Так, рекомендации ГОСТ практически полностью совпадают с данными технических условий немецкой фирмы KOMMERLING за исключением размера дренажных отверстий (у KOMMERLING – 5 х 12 мм для рам и створок). Турецкая фирма PIMAPEN рекомендует выполнять водосливные отверстия размером 5 х 34 мм; при этом смещение между отверстиями в стенках профиля должно составлять 100 мм (расстояние, вдвое превышающее рекомендуемое российским ГОСТом). Согласно рекомендациям концерна VEKA, дренажные отверстия должны иметь размер 6 х 30 мм при смещении в стенках профиля, равном 100 мм. При этом два отверстия выполняются при длине профиля до 1300 мм, и три – при длине профиля свыше 1300 мм. У PIMAPEN эта контрольная величина составляет 1200 мм (при 1000 мм в российских нормах).

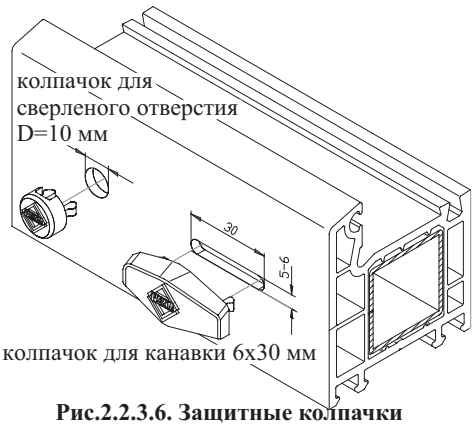


Рис.2.2.3.6. Защитные колпачки для дренажных отверстий.

В любой оконной системе предусматривается отвод воды как вниз, так и вбок через профиль рамы (рис.2.2.3.1 поз.10). При организации водоотвода вбок дренажные отверстия закрываются снаружи специальными защитными колпачками (рис.2.2.3.6).

Таким образом, технические рекомендации VEKA и PIMAPEN допускают втрое большую площадь самого отверстия по сравнению с требованиями российских норм, однако при этом в 1,5 раза ограничивают количество отверстий на единицу длины окна.

Схема расположения и правила устройства водосливных (дренажных) отверстий и отверстий для компенсации ветрового давления приведена на рис.2.2.3.7. В соответствии с техническими рекомендациями VEKA, в нижней горизонтальной области сверлятся 2 канавки размером 6х30 мм. Если ширина по фальцу превышает 1300 мм, сверлятся 3 канавки размером 6х30 мм. Для окон с ложным импостом с шириной по фальцу от 1300 мм сверлятся 4 канавки размером 6х30 мм на одинаковом расстоянии друг от друга.

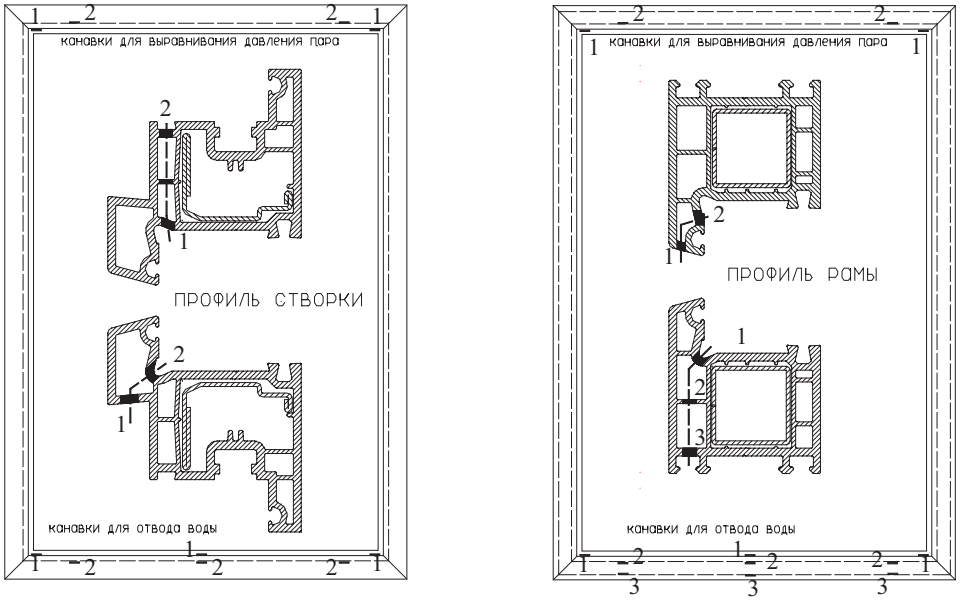


Рис.2.2.3.7а. Схема расположения отверстий для водоотвода и выравнивания ветрового давления. 1, 2, 3 – отверстия для водоотвода и выравнивания ветрового давления.

Визуально имеющиеся расхождения по этому пункту между различными строительными нормами не представляются принципиальными, поскольку наличие дренажных отверстий в предкамере предполагает попадание холодного воздуха во внутреннюю полость между рамой и створкой, а также под стеклопакет (рис.2.2.3.8).

Как показывает опыт эксплуатации ПВХ-окон в Москве, ***негативный эффект резко проявляется, как правило, если отверстия не смещены относительно друг друга по стенкам профиля, а профрезерованы насквозь.***

При этом, в зависимости от ориентации здания относительно розы ветров, наиболее неблагоприятное сочетание низких температур с ветром может вызвать выпадение конденсата на поверхности стеклопакета, обращенной в помещение, уже при температуре наружного воздуха, равной +3.....+4 ^{o}C.

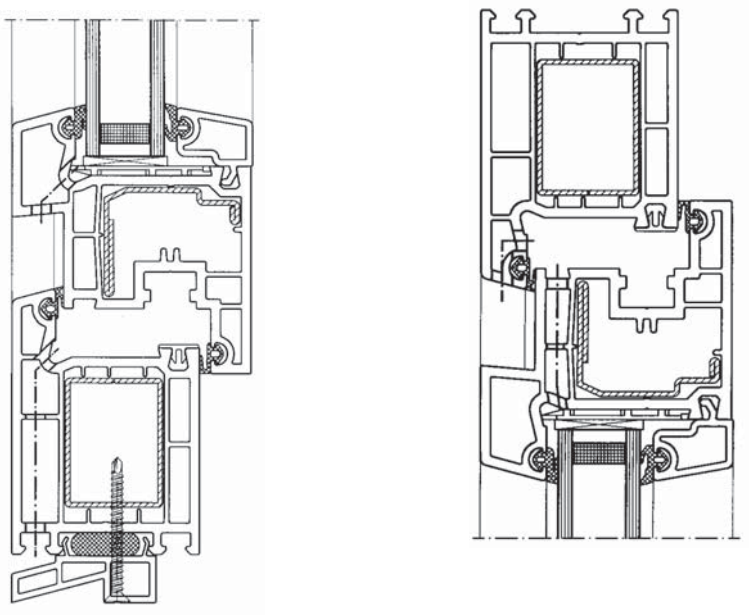


Рис.2.2.3.7б. Правило устройства отверстий для водоотвода и выравнивания ветрового давления. Система VEKA Euroline AD.

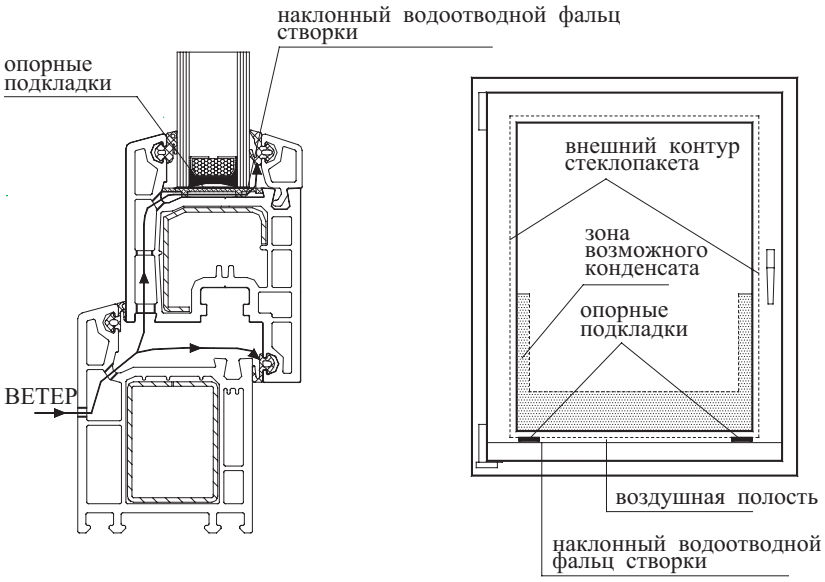


Рис.2.2.3.8. Инфильтрация холодного воздуха через дренажные отверстия.

В качестве примера, иллюстрирующего влияние дренажных отверстий на температурный режим краевой зоны стеклопакета, приведем результаты обследования двух окон, установленных в г.Москве на ул. Исаковского на 2-ом этаже 12 – ти этажного жилого дома.

Обследованные оконные блоки имели габаритную ширину 1770 мм и высоту 1430 мм. Состояли из глухой части, размером 1170 х 1430 мм, и открывающейся части, размером 600 х 1430 мм. Окна были изготовлены из профиля «INTERTEC – S» с тремя контурами уплотнения, как показано на рис.2.2.3.9.

Из рисунка хорошо видно, что характерной особенностью рамного профиля обследованных окон является малая толщина дренажной камеры (поз.1). В данном случае она составляет всего 8 мм, в то время как в большинстве других профильных систем этот размер, как правило, превышает 11–12 мм (см. рис.2.2.3.1).

Нетрудно заметить, что чем меньше толщина дренажной камеры профиля, тем сложнее технологически выполнить смещение дренажных отверстий, требуемое нормативными документами. В обследованных окнах имелось *четыре сквозных дренажных отверстия, при этом три из них приходились на глухую часть, длиной 1170 мм.*

Поскольку окна выходили на летное поле Тушинского аэродрома, сочетание низких температур с ветром вызывало запотевание стеклопакета на глухом остеклении уже в октябре при температуре наружного воздуха, равной +3 °С. Интересно отметить, что в открывающейся части с длиной профиля 600 мм и одним сквозным дренажным отверстием выпадение конденсата начиналось при температуре, близкой к -7 °С. При этом профиль створки системы «INTERTEC – S» имеет ширину дренажной камеры, равную 20 мм.

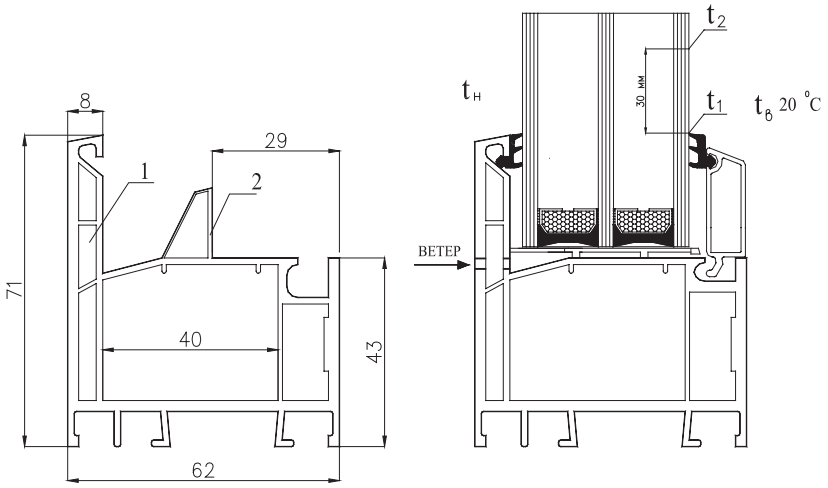


Рис.2.2.3.9. Исследование процессов теплопередачи через дренажные отверстия рамного профиля с тремя контурами уплотнений при глухом остеклении (армирующий вкладыш не показан).

1 – дренажная камера, 2 – опорный элемент для среднего контура уплотнения (при изготовлении глухих окон срезается), t 1 и t 2 – контрольные точки для определения температур.

Таким образом, расположение дренажных отверстий оказывает определяющее влияние на явления, связанные с промерзанием краевой зоны стеклопакета, инфильтрации холодного воздуха через уплотнения и появления наледи в водоотводном фальце как створки, так и рамы. При этом наиболее уязвимым с точки зрения всех перечисленных дефектов является глухое остекление.

Очевидно, что водоотвод из ПВХ-профиля жизненно необходим, поскольку в результате существенной разницы в величине коэффициента температурного расширения

профиля и стекла, а также относительно невысокой долговечности (2-3 года) ЭПДМ-уплотнителей, разуплотнение окна в той или иной степени в процессе эксплуатации неизбежно. Появившихся в результате этих явлений неплотностей будет достаточно для попадания атмосферной влаги в профиль при сильном дожде или в результате оттаивания снега при обильном снегопаде. Аналогично неизбежно и проникновение внутрь профиля теплого воздуха со стороны помещения. При отсутствии водоотвода на водоотводном фальце под стеклопакетом будет накапливаться лед, что в конце концов приведет к растрескиванию стеклопакета и профиля.

Наиболее разумным решением проблемы представляется идея, связанная с организацией «теплого водостока», в определенном виде реализованная в последних разработках крупных производителей профильных систем для энергоэффективных зданий (программа «Пассив Хаус» (дом с пассивным отоплением)). В более масштабном виде она хорошо известна строителям с точки зрения организации водоотвода с кровель в зимнее время при подтаивании снега.

На рис.2.2.3.10 показаны комбинации рамы и створки систем VEKA TOPLINE PLUS и VEKA ALPHALINE в нижней части окна. Наружная камера как рамного, так и створочного профиля (поз.1) заполнены полиуретановой пеной, а дренажная камера как таковая (поз.2) находится полностью в теплой зоне. Из рамного профиля вода стекает по подставочному профилю (поз.3), который может быть также утеплен.

а) б)

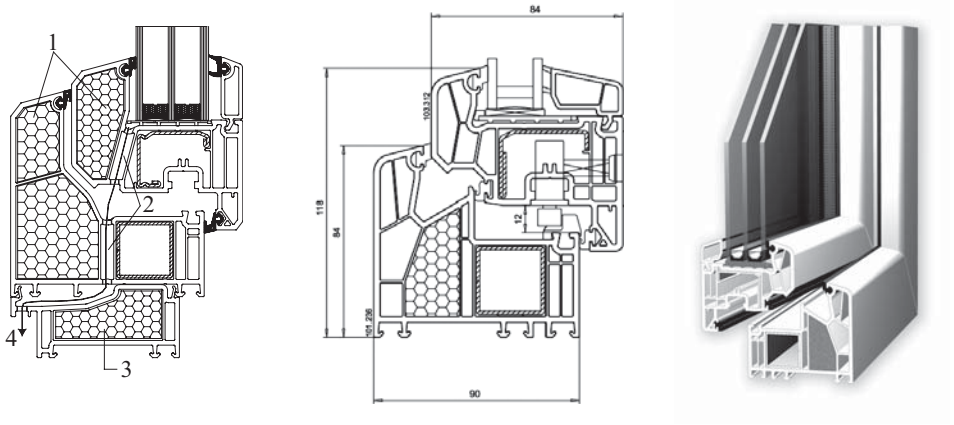


рис.2.2.3.10. Комбинация рамы и створки профильных систем для энергоэффективных зданий.

а) VEKA TOPLINE PLUS; б) VEKA ALPHALINE

1 – наружная камера, 2 – дренажная камера, 3 – подставочный профиль, 4 – водоотвод

Таким образом, в описанной системе профилей практически полностью исключается перемешивание холодного и теплого воздуха внутри профиля, а, следовательно, и образование наледи. В более дешевом и массово распространенном в настоящее время варианте 3-х камерных систем негативные эффекты могут быть смягчены за счет организации водоотвода «вниз».

2.2.4. КОМПОЗИЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОФИЛЬНЫХ СИСТЕМ ИЗ ПВХ. НЕСТАНДАРТНЫЕ КОНСТРУКЦИИ.

Развитая система оконных профилей из ПВХ дает возможность решать широкий спектр архитектурно-композиционных задач. Наличие в программе крупных производителей, профилей для нестандартных конструкций, расширяет возможности системы, позволяя разрабатывать красивые и надежные решения для объектов индивидуального проектирования.

К изделиям такого типа относятся, прежде всего, дверные конструкции с различным типом открывания, элементы фасадного остекления, а также окна специальных конструкций (например – с повышенными шумозащитными характеристиками, для остекления фасадов, выходящих на оживленные транспортные магистрали). На рис. 2.2.4.1 и рис. 2.2.4.2 показаны варианты конструкций, которые могут быть изготовлены из профильных систем VEKA.

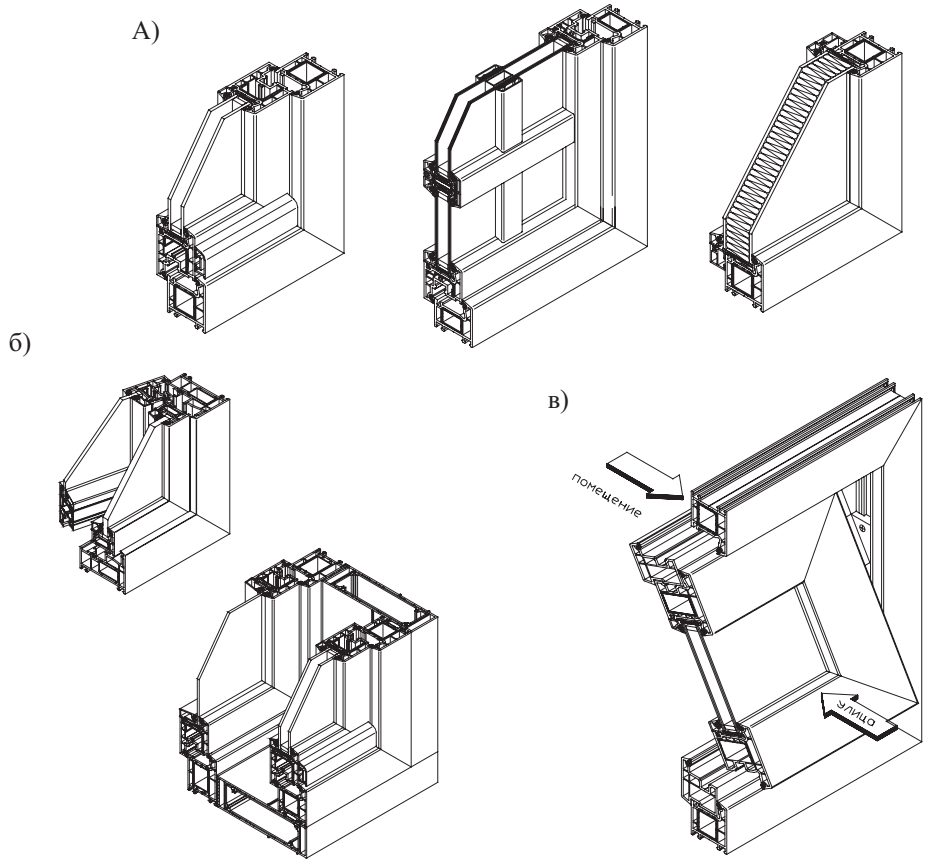


Рис.2.2.4.1. Архитектурно-композиционные возможности профильных систем VEKA. Стандартные и нестандартные оконные конструкции.

А) стандартное окно с обычным стеклопакетом, со стеклопакетом с накладными горбыльками, с непрозрачной сэндвич-панелью; б) окно системы 2+1 со спаренным и раздельным переплетами (с повышенными тепло-шумозащитными) характеристиками; в) среднеподвесное окно

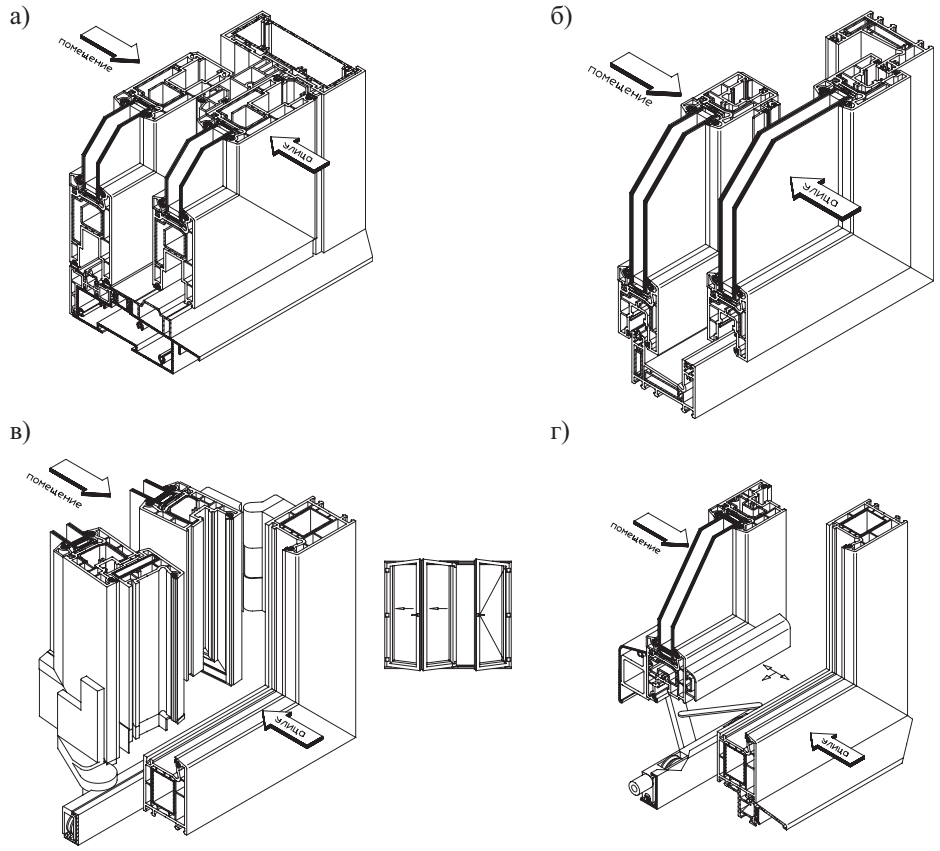


Рис.2.2.4.2. Архитектурно-композиционные возможности профильных систем VEKA. Нестандартные оконные и дверные конструкции.

А) наклонно-раздвижное окно (дверь); б) параллельно-раздвижное окно; в) наклонно-раздвижное-отставное окно (дверь)*.

- Схемы открывания окон и дверей, терминология и др. см. главу 7.

Дверные конструкции из ПВХ применяются преимущественно для изготовления внутренних дверей, чаще всего в качестве элемента светопрозрачных офисных перегородок. Однако, достаточно часто из ПВХ выполняются и наружные входные двери*, обычно стандартных, или близких к ним, размеров. Они хорошо смотрятся во входных группах небольших общественных зданий или общественных помещений, располагаемых в первых этажах жилых зданий: магазинов, парикмахерских, аптек и т.п.

Для изготовления дверей применяются специальные створочные дверные профили, имеющие более мощное сечение по сравнению со створочным оконным профилем, а также определенные конструктивные отличия. Сечение нижней части дверного блока из ПВХ показано на рис. 2.2.4.3. Из рисунка видно, что профиль дверной створки не имеет центрального фурнитурного паза: для дверей предусмотрены специальные дверные петли, рассчитанные на большой вес створки и частое открывание-закрывание (конструкцию дверной фурнитуры – см. главу 7). На рис. рис. 2.2.4.3б показан вариант наруж-

ной двери с нижним алюминиевым порогом и системой дополнительных уплотнений. Вариант с нижним порогом может применяться и для внутренних дверей; особенно это удобно в медицинских учреждениях, детских садах, предприятиях общественного питания, в производственных помещениях различного назначения и др.

- За исключением небольших по размеру типовых дверей балконов (балконных блоков) и лоджий, которые как правило, изготавливаются из обычного оконного профиля.

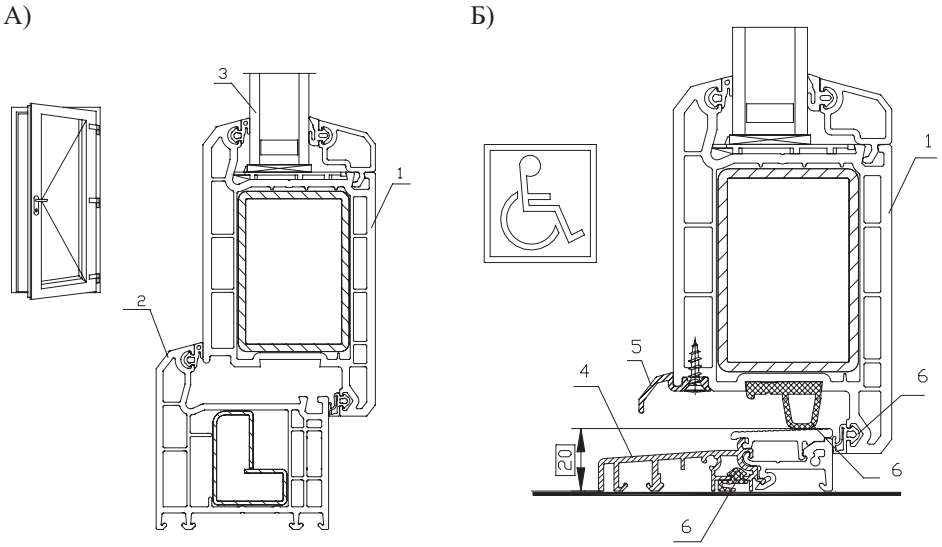


Рис.2.2.4.3. Сечение нижней части дверного блока из ПВХ. Система VEKA Euroline AD.
А) без порога; б) с алюминиевым порогом и системой специальных уплотнений.
1 – профиль дверной створки с армированием, 2 – профиль дверной рамы с армированием; 3 – дверное заполнение: стеклопакет, непрозрачная сэндвич-панель, вагонка из ПВХ; 4 – алюминиевый порог; 5 – водозащитный профиль; 6 – уплотнения.

Определенное место в номенклатуре развитых профильных систем из ПВХ занимают элементы ***панорамного остекления*** – светопрозрачных стен зимних садов и веранд, относительно небольших участков фасадного остекления, остекления эркеров, балконов и лоджий.

В зимних садах и верандах, как правило, применяются большие по размеру панорамные двери, имеющие сложное раздвижное открывание (см. рис. 2.2.4.2). Такие двери могут быть изготовлены как из обычного дверного профиля, так и из специальных профилей, формирующих отдельную подсистему.

Остекление фасадных стен и зимних садов выполняется на основе специальных ***фасадных соединительных профилей*** (фасадных соединителей), закрепляемых на несущих конструкциях здания (сооружения) и объединяющих отдельные оконные блоки (глухие или открывающиеся) в пространственную систему (рис. 2.2.4.4).

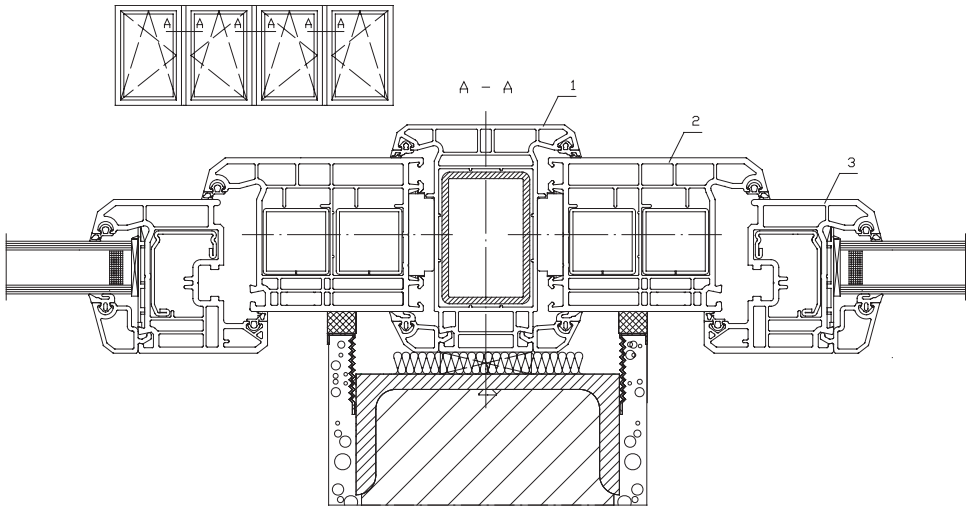


Рис.2.2.4.4. Соединение отдельных оконных блоков в фасадное остекление. Система VEKA Topline AD.

1 – фасадный соединитель; 2 – профиль рамы; профиль створки

Соединение угловых элементов выполняется при помощи ***угловых (фиксированный угол) или эркерных соединителей***, показанных на рис. 2.2.4.5 и рис. 2.2.4.6.

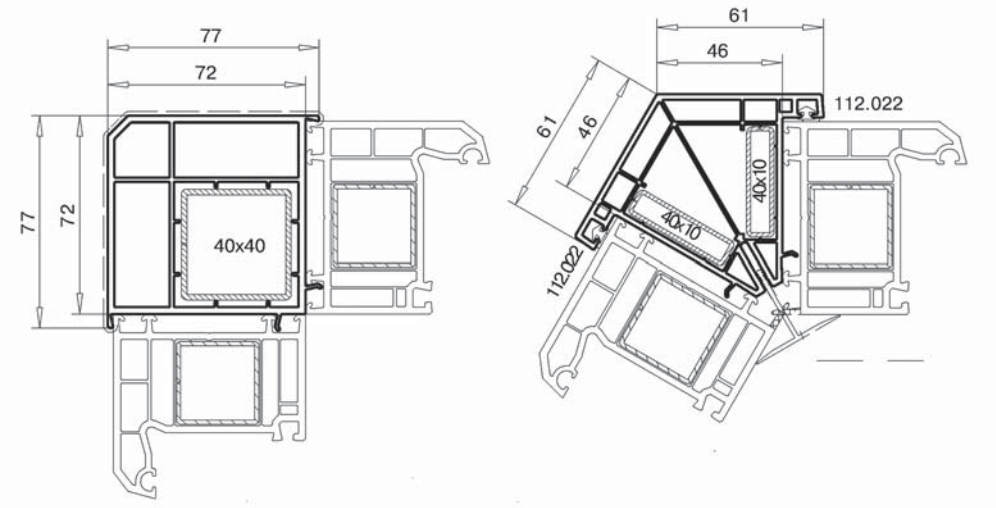


Рис. 2.2.4.5. Угловое соединение отдельных блоков с фиксированным углом.

А) при помощи поворотного профиля 90 0; б) при помощи поворотного профиля – 120 0; 135 0 или 150 0 . Система VEKA Topline AD.

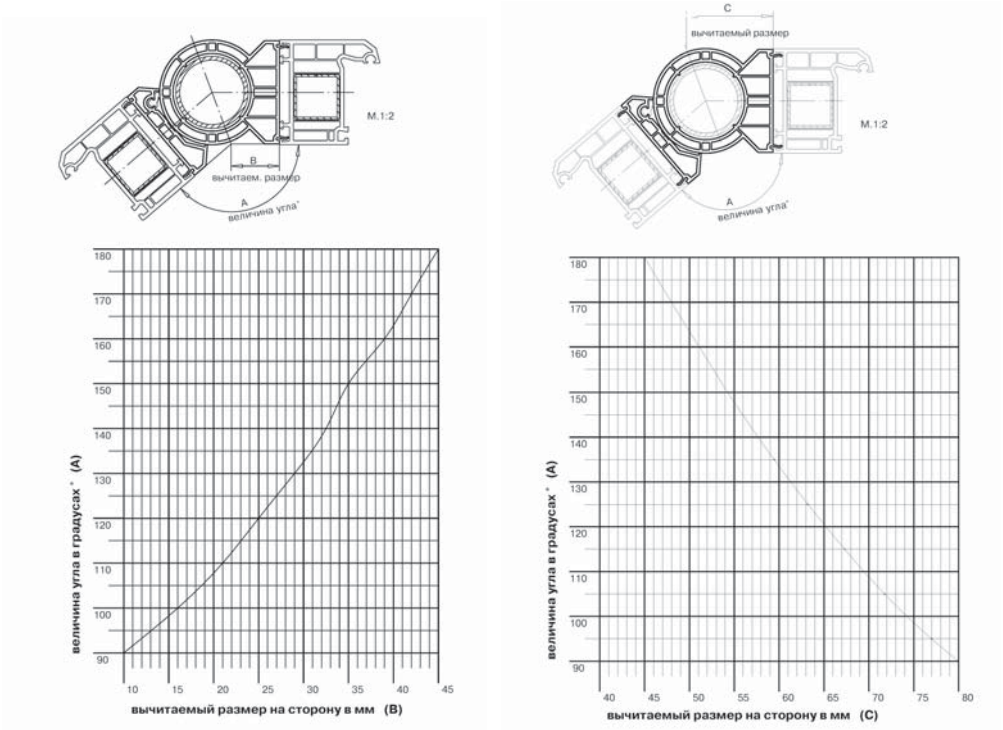


Рис. 2.2.4.6. Угловое соединение отдельных блоков с изменяемых углом при помощи эркерного соединителя. Система VEKA Topline AD.

В отдельную группу профильных элементов для панорамного остекления могут быть вынесены ***системы из ПВХ, предназначенные для балконов и лоджий***, разрабатываемые, как правило, в варианте раздвижного открывания (рис. 2.2.4.7). В системах такого класса, предусматривается установка одинарного стекла, а не стеклопакета, поскольку эти помещения относятся к разряду неотапливаемых. Соответственно, теплозащитные свойства не являются определяющим конструктивным фактором для оконных профилей, используемых в таком остеклении. На передний план, в данном случае, выходят требования статики, в силу достаточно больших габаритных размеров, а также прочностные характеристики для восприятия температурных напряжений, возникающих летом.

Здесь необходимо отметить, что ***остекление неотапливаемых балконов и лоджий находится в принципиально других эксплуатационных условиях по сравнению с оконными блоками жилых помещений.*** В зимнее время оконные профили на балконе не испытывают воздействия температурного перепада изнутри и снаружи помещения: температура на неотапливаемом балконе будет близка к температуре наружного воздуха. Соответственно, в холодное время года они практически не подвергаются воздействию изгибающих температурных напряжений.

Наиболее критическая эксплуатационная ситуация для балконного остекления наблюдается летом, когда пространство балкона превращается в аккумулятор солнечной энергии, вследствие возникновения парникового эффекта. При этом балконные профили будут испытывать воздействие ощутимых суточных перепадов температур наруж-

ного воздуха, величина которых зависит от климатического района строительства. В большинстве районов нашей страны средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца года – июля, находится в пределах 10…12 °С; более мягкие условия – 6…8,5 °С, наблюдаются на широтах, севернее Санкт-Петербурга, в отдельных Дальневосточных областях и на Камчатке.

Таким образом, для профилей балконного остекления необходимо отдавать предпочтение ПВХ белого цвета, а также использовать максимально мощное армирование.

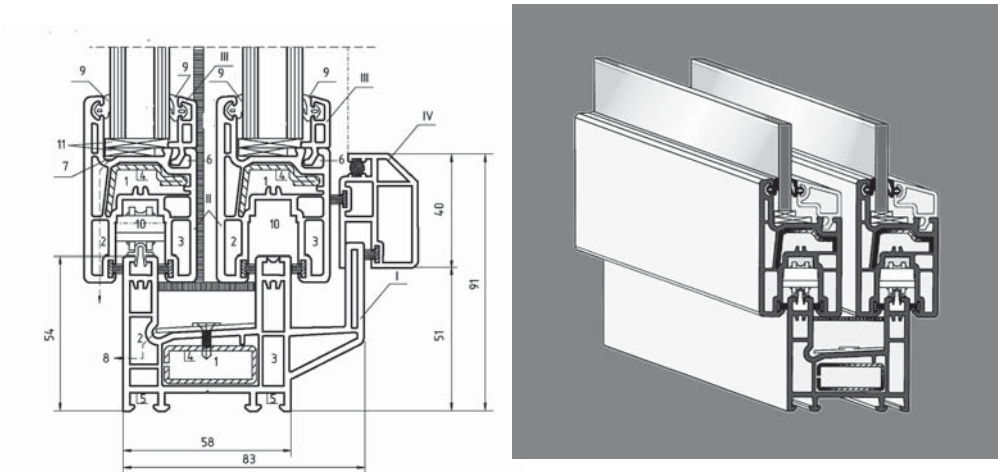


Рис. 2.2.4.7. Конструкция оконных профилей из ПВХ для остекления неотапливаемых балконов и лоджий. Система VEKA Sunline.

I – профиль рамы (рама); II – профиль створки (створка); III- штапик (несколько артикулов: возможность установки стекол 4, 6 мм, а также стеклопакета) ; IV – профиль для крепления москитной сетки.

1 - основная камера; 2 – дренажная камера; 3 – камера для крепления фурнитуры; 4 – армирующий вкладыш; 5 – паз для присоединения дополнительных профилей; 6 – паз для крепления штапика; 7 – наклонный фальц для отвода воды; 8 – водоотвод; 9 – уплотнители; 10 – ходовой рельс; 11 – подкладки под стеклопакет.

2.2.5. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОКОННЫХ СИСТЕМ. РОЛЬСТАВНИ, СТАВНИ, ЖАЛЮЗИ.

Под общим термином **«ставни»** будем понимать глухие, непрозрачные экраны, временно закрывающие окна. Основное назначение ставен – защита от теплового солнечного излучения. Закрытые ставни практически полностью защищают помещение от дневного света, загрязнения, просматривания помещения со стороны улицы, что создает ощущение психологической защищенности. Кроме того, при закрытых ставнях существенно повышается тепло- и шумозащита.

По конструкции открывания ставни могут быть подразделены на *распашные ставни, рольставни и жалюзи.*

Рольставни (рис. 2.2.5.1а) состоят из отдельных горизонтальных пластинок – ламелей, высотой 50 – 70 мм, шарнирно соединенных между собой, и короба с валом, располагаемого в верхней части, на который «наматывается» полотно ставень, состоящих из ламелей. При этом торцы ламелей удерживаются специальными направляющими.

Распашные ставни (рис. 2.2.5.1б), состоят из двух створок, открывающихся как оконные, подвешенные на поворотных петлях.

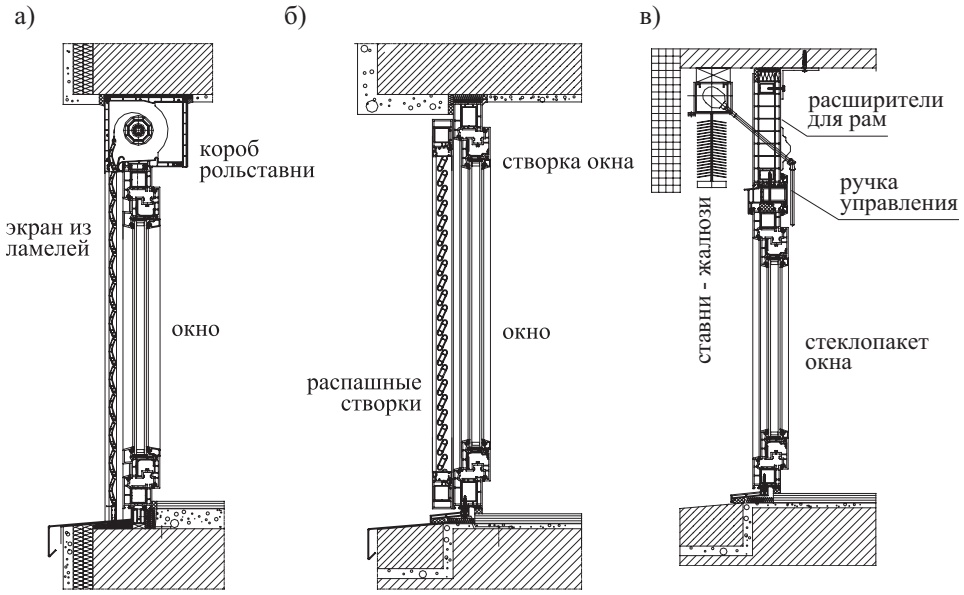


Рис. 2.2.5.1. Окно с защитным экраном, установленное в наружной стене. Система Veka.

а) окно с рольставнями; б) окно с распашными ставнями; в) окно с жалюзи.

Жалюзи (рис. 2.2.5.1в), устанавливаемые на современные оконные системы, располагаются с наружной стороны оконного проема. Жалюзи состоят из отдельных пластинок вогнутой формы, которые могут раздвигаться по всей высоте окна. В отличие от рольставней, в этом случае не требуется установки дополнительного короба над окном. Кроме того, в отличие от рольставней, где все ламели соединены друг с другом, в жалюзи каждая пластина поворачивается и перемещается по вертикали, независимо от других

пластин. За счет этого при помощи жалюзей можно менять степень «закрытости» окна. При этом жалюзи, по сравнению с рольставнями, обладают меньшей герметичностью и плотностью, и соответственно более низкими теплозащитными качествами.

Все варианты защитных экранов могут быть выполнены как из ПВХ, так и из алюминия.

Наиболее распространенным вариантом наружных экранов, устанавливаемых на ПВХ-окна в настоящее время в России, являются рольставни. Рассмотрим конструкцию рольставен более подробно на примере рольставен **«Veka»**.

Как уже отмечалось, основными конструктивными элементами рольставен являются несущий короб, ламели и направляющие. На рис. 2.2.5.2 представлены ламели, толщиной 8 – 14 мм и шириной 37 – 62 мм. Ламели могут выпускаться как в стандартном, так и в утепленном варианте, с заполнением внутреннего пространства полистиролом.

	тип ламелей			
				
	M 37	K 51	K 52	K 62
высота	37	52	52	62
толщина	8	14	14	14

Размер ламели определяет ее жесткость, что, в свою очередь, отражается на максимально возможных размерах экрана.

Рис. 2.2.5.2. Конструкция ламелей рольставней из ПВХ. Система Veka.

На рис. 2.2.5.3 приведена диаграмма для определения максимально возможных размеров экрана, который может быть выполнен из ламелей того или иного типа. Так, например, при ширине окна более 2.5 необходимо применять ламели типа К52 или К62.

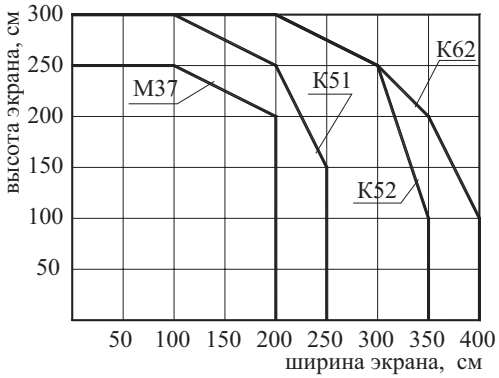


Рис. 2.2.5.3. Максимальные размеры рольставней в зависимости от типа ламелей. Система Veka.

Направляющие рольставни (рис. 2.2.5.4) представляют собой специальный профиль с пазом, глубиной 24 мм, в котором скользит полотно из ламелей. Профиль направляющей крепится к вертикальным элементам оконной рамы.

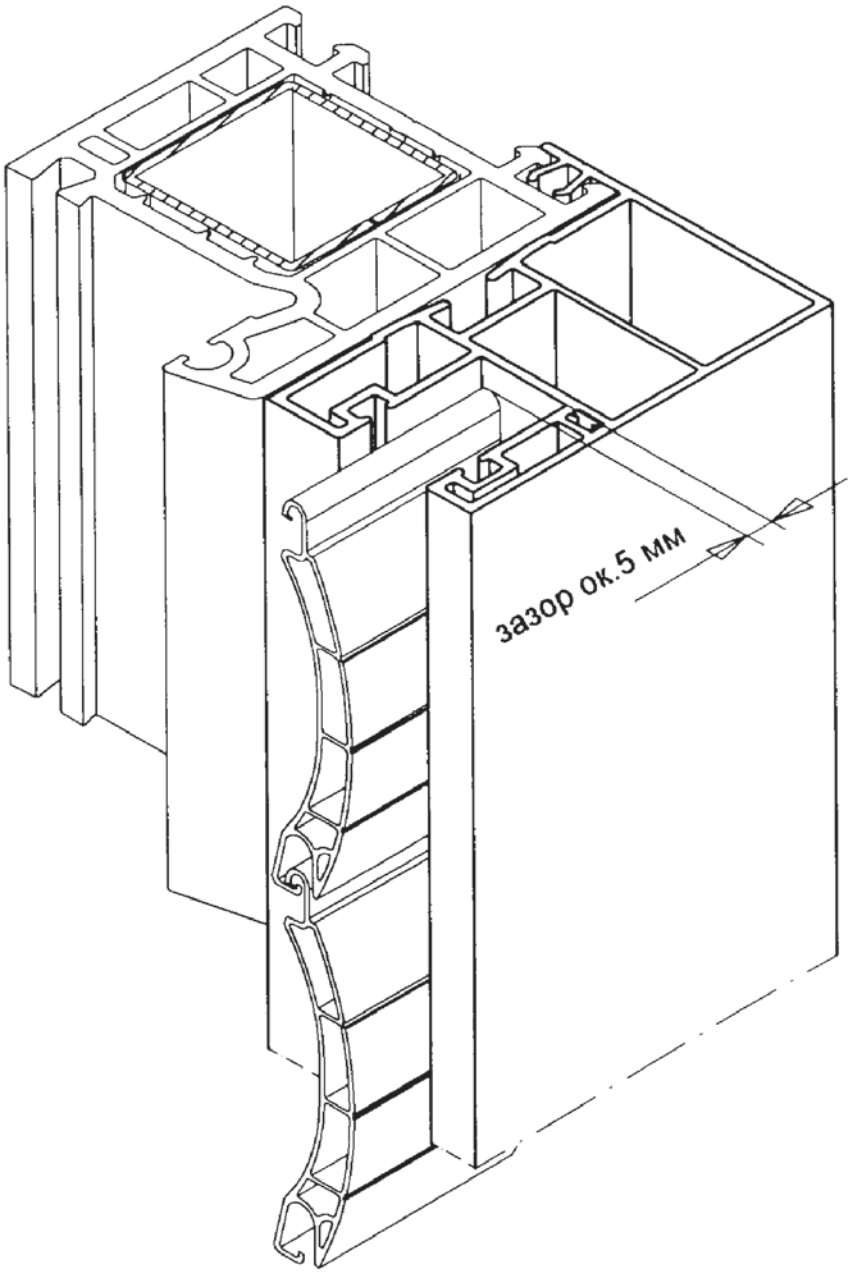
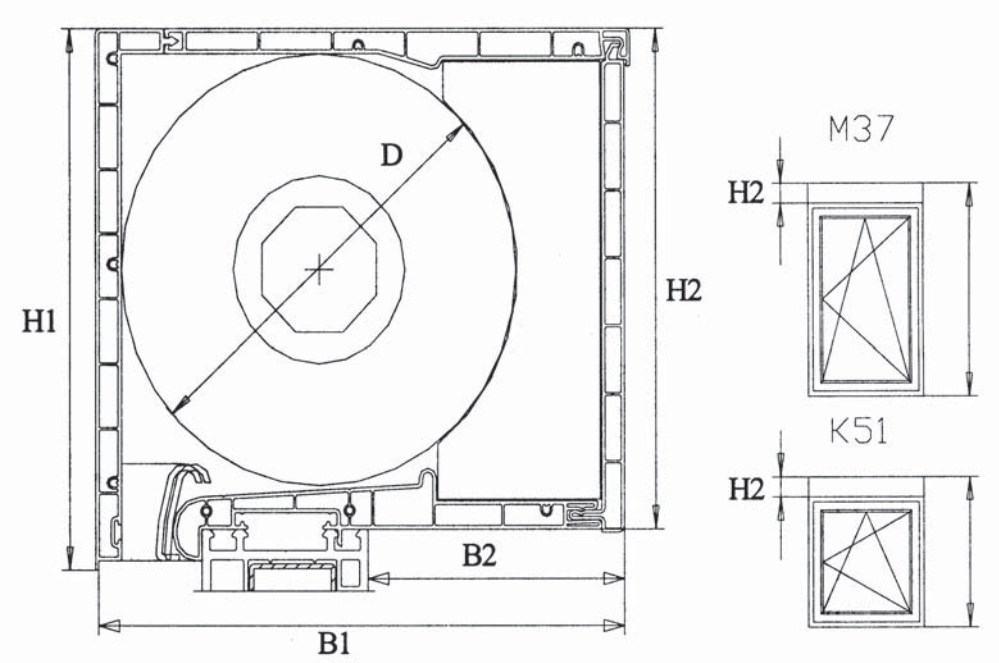


Рис. 2.2.5.4. Направляющие рольставней. Узел соединения ламелей.

Короб рольставни предназначен для «упаковки» экрана, состоящего из ламелей. Размеры короба зависят от типа ламелей и высоты окна. Зависимость размеров короба от типа ламелей и высоты окна системы **VEKA** показана на рис. 2.2.5.5. Так, например, высота короба изменяется от 140 до 210 мм при увеличении высоты окна (а соответственно и длины полотна рольставен) от 1100 до 2700 мм.



N п/п	Высота окна		Размеры короба				
	М 37*	**К 51**	**B1**	**B2**	**H1**	**H2**	**D**
1	1100	–	164	70	153	140	118
2	1700	1200	184	90	173	160	138
3	2300	1800	204	110	193	180	158
4	2700		234	140	223	210	188

• М 37 и К 51 – тип ламели

Рис. 2.2.5.5. Зависимость размеров короба от типа ламелей и высоты окна. Система Veka.

Конструкция короба показана на рис. 2.2.5.6. Короб собирается из четырех отдельных деталей, а именно – из нижней крышки, верхней крышки, внутренней крышки и внешней крышки. Так как короб при установке становится своего рода частью наружной стены, то он утепляется. Одни и те же профили и торцевые пластины используются как для изготовления короба в стандартном варианте, так и для теплоизолированного короба со вкладышем из полиуретана или пенопласта.

Для удаления дождевой воды, попавшей в короб при подъеме мокрого экрана, нижняя крышка имеет скос наружу. Кроме этого, на нижней крышке имеется выступ, используемый в качестве упора для изолирующего вкладыша. Короб закрепляется на горизонтальном элементе оконной рамы при помощи алюминиевых присоединительных профилей и через усилительные накладки к боковым элементам.

Для управления рольставнями используются ленточный привод, мини-редуктор с конической передачей и двигатель.

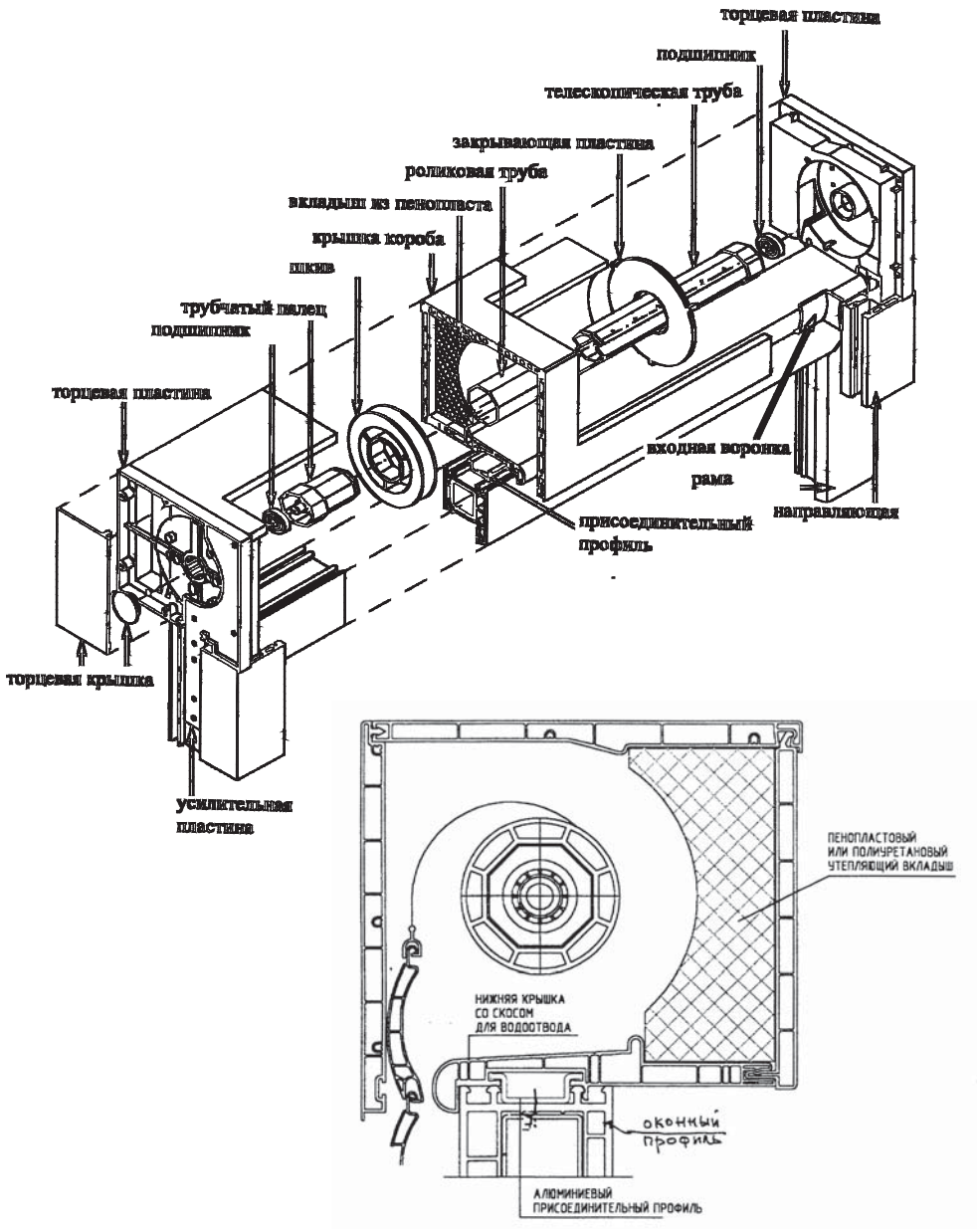
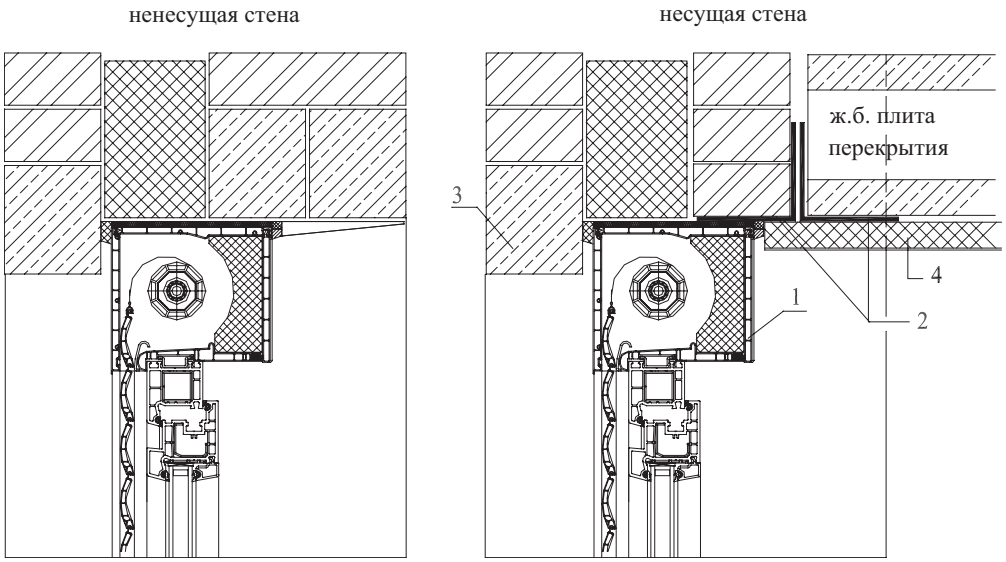


Рис. 2.2.5.6. Конструкция короба рольставней.

В зависимости от производителя рольставней, короб устанавливается над оконным блоком в пределах толщины стены (VEKA, PLUS PLAN) или в накладном варианте (Rehau) (как правило, при реконструкции старых зданий). При условии, что короб устанавливается над оконной коробкой, занимая часть оконного проема в стене, при проектировании окна с рольставнями необходимо учитывать его высоту. Различные варианты установки короба в наружных стенах показаны на рис. 2.2.5.7.

а)

Установка рольставень в кирпичной стене



б)

Установка рольставень в стене из монолитного бетона
с несъемной опалубкой из жесткого пенопласта

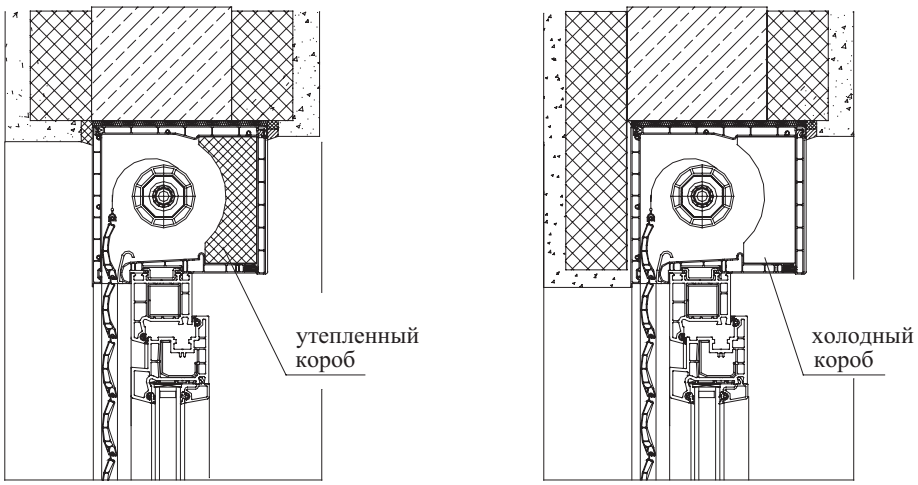


Рис. 2.2.5.7. Установка короба рольставней в наружных стенах различной конструкции.
а) в утепленных стенах из монолитного железобетона; б) в утепленных кирпичных стенах;
1 – короб рольставни, 2 – несущие перемычки из металлического уголка, 3 – ЖБ перемычка, 4 – отделка потолка

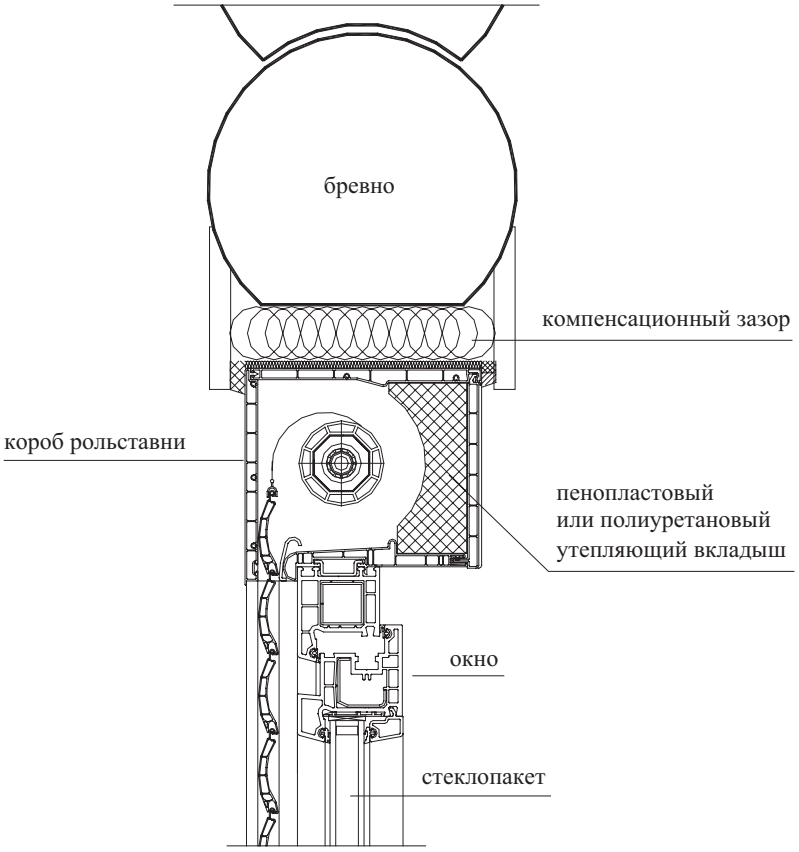


Рис. 2.2.5.7в. Установка короба рольставней в стене из оцилиндрованного бревна.

2.2.6. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОКОН ИЗ ПВХ-ПРОФИЛЕЙ.

Выше были рассмотрены конструктивные решения и принцип построения оконных профильных систем из ПВХ. При этом описанные характеристики, отражающие фундаментальные основополагающие принципы, далеко не исчерпывают всех возможностей, которыми располагают архитекторы и инженеры-проектировщики, закладывая окна из ПВХ в проектных решениях. Вместе с тем, как и для любого строительного изделия, у металлопластикового окна существуют функциональные ограничения, накладываемые технологическими особенностями его изготовления.

Как показывает опыт применения окон из ПВХ, как у архитекторов, так и у инженеров-строителей возникают многочисленные проблемные ситуации, вызванные незнанием особенностей технологического процесса.

Поскольку ***при нормальной организации производства архитектор и проектировщик выступают непосредственно в качестве постановщика задачи производителю,*** имеет смысл рассмотреть основные технологические операции производства окон с поливинилхлоридными переплетами, отличающие их от более знакомых в России окон из дерева и алюминия.

При этом с точки зрения архитектурного проектирования интересны прежде всего такие технологические возможности как цветовое решение, возможности формообразования, ограничения по максимальным размерам.

На рис. 2.2.6.1 приведены эскизы окон, которые могут быть изготовлены из профильных систем VEKA Euroline\Softline\Topline. Диаграмма наглядно иллюстрирует возможности ПВХ-профилей с точки зрения изготовления окон как прямоугольной формы, так и имеющих скосы под тупыми и острыми углами, а также различные закругленные формы. Следует отметить, что из всех оконных материалов ПВХ представляет наибольшие возможности гибки с различными радиусами кривизны.

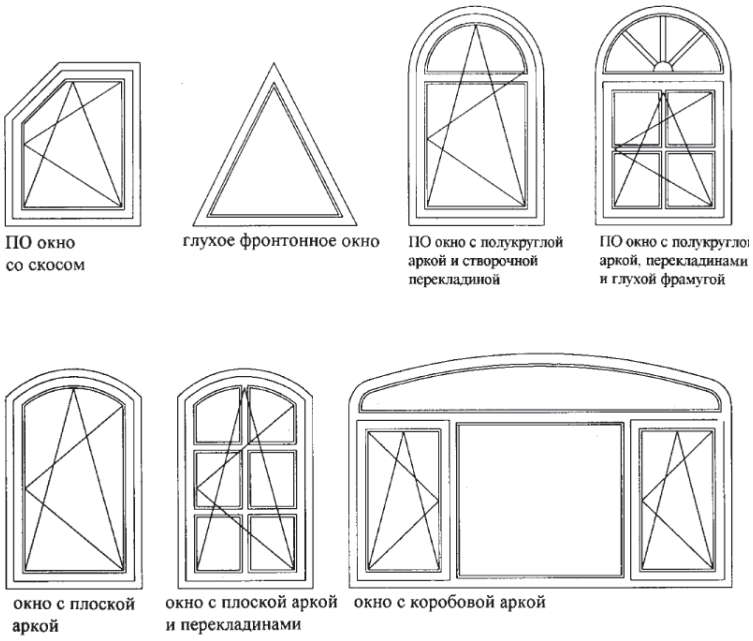


Рис. 2.2.6.1 Эскизы окон, которые могут быть изготовлены из профильных систем VEKA.

Технологическая цепочка изготовления стандартного окна включает в себя последовательное выполнение следующих операций:

1) доставка, разгрузка и складирование профиля;
2) нарезка профиля на заготовки;
3) нарезка стального усилителя;
4) вставка и крепление стальных усилителей;
5) сверление и фрезерование отверстий для водоотлива, вентиляции и фурнитуры;
6) сваривание углов рамы и створки;
7) механическое присоединение вертикальных и горизонтальных импостов;
8) зачистка углов;
9) монтаж фурнитуры;
10) вставка уплотнителей по контуру окна;
11) вставка стеклопакетов (остекление);
12) функциональный контроль, проверка комплектации и промежуточное складирование готовых окон;
13) окончательный выходной контроль качества, отгрузка и доставка потребителю.

Остановимся на каждой из операций более подробно.

Доставка, разгрузка и складирование профиля. Возможности цветового решения при оформлении заказа. Профили для изготовления окон поставляются в специальных упаковках – паллетах. Длина профиля, выходящего из экструдера и упаковываемого в паллету, составляет 6,5 м.

Профили могут поставляться как ***белыми,*** так и ***окрашенными в массе*** в соответствии с каталогом производителя. На профили с одной или с двух сторон может быть нанесена ***ламинирующая пленка,*** аналогично в соответствии с каталогом **(Прил.10-1 «Цветовые решения профилей»).** При необходимости изготовитель окон для единичного конкретного объекта может заказать ламинирование профиля пленкой, которая отсутствует в каталоге производителя профильной системы, однако может быть нанесена на профиль предприятием, специализирующимся на ламинировании.

На производстве профили следует хранить на жестких стеллажах, чтобы избежать провисания и скручивания. Высота уложенных в штабели профилей не должна превышать 1 м. Профили нельзя хранить под открытым небом, избегая болезненных для ПВХ перепадов температур, вызванных перегревом солнечными лучами и переохлаждением в зимнее время.

Нарезка профиля на заготовки. Оконный профиль нарезается по размерам индивидуально для каждого окна с соответствующими допусками, указываемыми в техническом руководстве производителя профильных систем. Профили нарезаются на двухголовочной или одноголовочной усорезной пиле с углом реза 90^{o}–20^{o} и длиной реза до 6100 мм* в зависимости от модели пилы.

- Здесь и далее приводятся характеристики производственного оборудования немецкой фирмы «URBAN», являющейся крупнейшим мировым производителем оборудования для производства окон из ПВХ. Возможности оборудования других производителей могут отличаться.

Нарезка стального усилителя осуществляется на специальной пиле по металлу. Тип стального усилителя принимается в соответствии со статическим расчетом.

Отрезанный усилитель для рамы и створки должен иметь длину на 10 мм меньше ПВХ-профиля, в который он вставляется. Таким образом обеспечивается расстояние в 5 мм по краям оконного профиля, необходимое для сварки заготовок между собой (рис.2.2.6.2). Для импостов и поперечин, устанавливаемых при помощи механических соединителей, усилитель отрезается короче профиля на 15 мм.

Вставка и крепление стальных усилителей. Усилитель закрепляется в профиле шурупами. Первый шуруп завинчивается на расстоянии 15-20 см от угла. Расстояние между шурупами составляет 25 – 30 см.

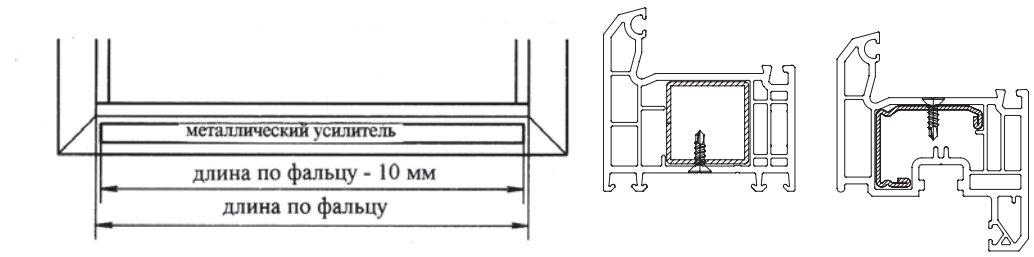


Рис. 2.2.6.2. Установка металлического усилителя в оконный профиль из ПВХ.

Сверление и фрезерование отверстий для водоотлива, вентиляции и фурнитуры. В профилях с прикрученными усилителями при помощи специальных фрез вырезаются дренажные отверстия, отверстия для выравнивания ветрового давления, а также отверстия для замка и ручки.

Сваривание углов рамы и створки. Соединение профильных заготовок между собой в углах производится при помощи сварки. В оконном блоке между собой по углам свариваются только ПВХ-профили рамы и створки. Закрепление импоста, осуществляемое при помощи механических соединителей, и штапика, вщелкиваемого в пазы рамного и створочного профиля, и не соединяемого дополнительно по углам, будут рассмотрены ниже. Для сварки оконных профилей применяются сварочные машины с нагревательными элементами. Поверхность нагревательных элементов покрывается тефлоновой пленкой определенной толщины. Пленка заменяется после 300-400 сварочных операций. Сварка производится при температурах нагревательных элементов 240 – 250 ^{o}C. Для сварочных работ применяют сварочные машины с диапазоном сваривания от 300 до 180 ^{o}C с контролем температуры, которая должна поддерживаться постоянной на протяжении всего времени выполнения операции (30 секунд – нагрев и 40 – 45 секунд соединение).

Сварочные машины оснащаются упорами и подкладками – цулагами. Сварочные цулаги индивидуальны для каждого вида профилей (рис. 2.2.6.3). Набор цулаг поставляется изготовителю окон непосредственно разработчиком профильной системы.

Сваренные профили должны остывать около 20 мин прежде чем их можно будет обрабатывать дальше.

Как уже отмечалось в разделе 2.2.3, площадь углового сварного шва, а также его качество наряду с характером закрепления импоста являются определяющими для пространственной работы оконного блока под действием эксплуатационных и монтажных нагрузок.

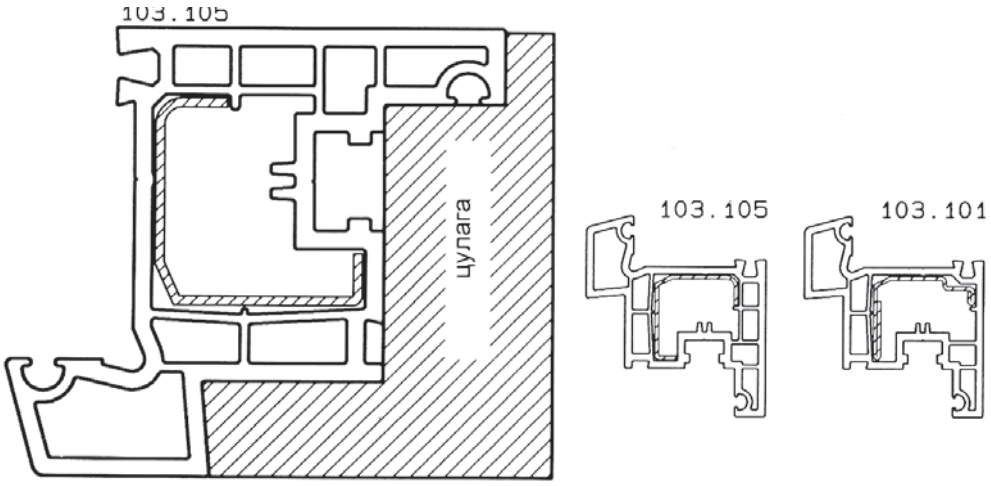


Рис.2.2.6.3. Сварочная цулага для профиля створки.

Светлый наплавленный валик вблизи сварного шва означает, что сварка была проведена правильно. Если при сварке белого профиля образуется наплавленный валик коричневого цвета с шероховатой поверхностью, это означает что произошел пережог материала из-за слишком высокой температуры сварки или слишком долгого времени плавления. ***Окна с такими дефектами не принимаются для установки в проемы, и однозначно подлежат переделке.***

После охлаждения сварные швы зачищаются изнутри и снаружи. Сварочный наплав удаляется при помощи ручных или автоматических установок.

Механическое присоединение вертикальных и горизонтальных импостов. После изготовления рамы, в нее вставляются вертикальные и горизонтальные импосты (поперечины). В каждой профильной системе разработан свой узел крепления импоста, однако все решения сходятся между собой в общем принципе. На рис. 2.2.6.4 показаны два варианта крепления импоста системы VEKA Euroline\Softline\Topline . Соединитель, закрепляемый при помощи торцевых шурупов (рис. 2.2.6.4 а), наиболее распространен. В системе VEKA Euroline\Softline\Topline для его крепления применяется специальный профиль импоста (с отверстиями для шурупов), в других системах (например PlusTec и Rehau) применяется соответствующая крепежная вставка. Соединитель на основе П-образного стального элемента (рис. 2.2.6.4 б) более прочен. В расчетной схеме рамы он может быть принят в качестве равноценного сварке. Вместе с тем, это решение и более дорого, и применяется далеко не во всех профильных системах.

Для точного примыкания к рамному профилю заготовка импоста на концах фрезеруется по контуру на специальном фрезерном станке, после чего закрепляется в соответствии с принятой схемой.

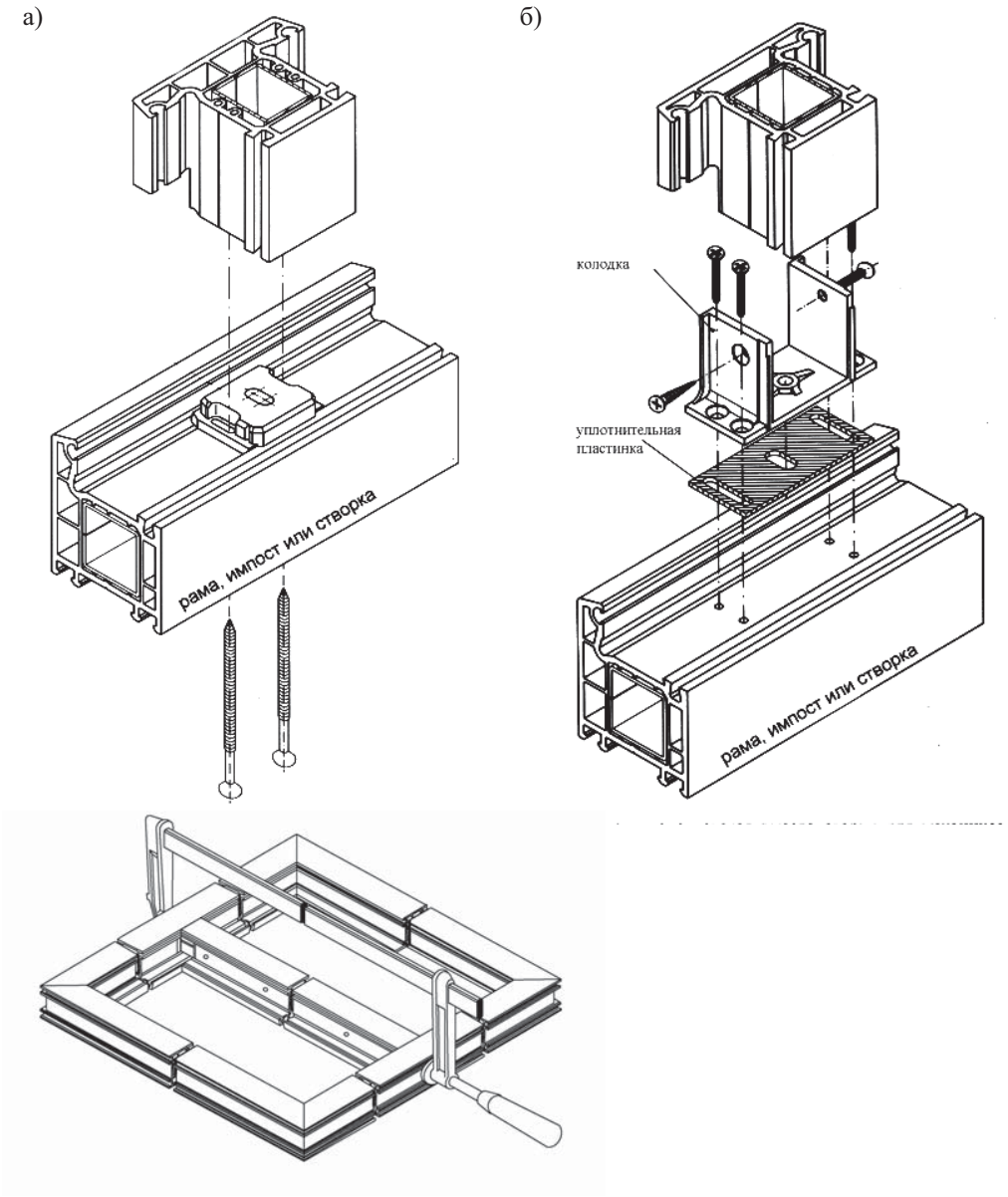


Рис. 2.2.6.4. Механическое присоединение импоста (система VEKA Euroline\Softline\Topline).
а) при помощи торцевых шурупов; б) при помощи П-образного стального соединителя.

Монтаж фурнитуры; вставка уплотнителей по контуру окна. После сварки и установки импостов, по периметру рамы и створки укладываются уплотнения. Укладка уплотнений осуществляется вручную с допуском на сжатие по длине 1%. Уплотнения поставляются покрытые тонким силиконовым слоем, нанесенным пульверизатором. Благодаря этому они легко устанавливаются в паз. Укладка уплотнения начинается с середины верхней части окна. Любая профильная система имеет несколько видов уп-

лотнения – как для рамы и створки, так и для штапика. В зависимости от типа устанавливаемого уплотнения оно непрерывно прокладывается через углы или надрезается по углам и стыкуется без зазора с проклейкой. В любом случае, по всему периметру окна должен обеспечиваться равномерный сплошной уплотняющий контур без разрывов.

Уплотнение для штапика может выполняться двумя способами: 1) укладываться по контуру рамы или створки и затем зажиматься штапиком при остеклении; 2) нарезаться и устанавливаться вместе со штапиком, при этом штапик может поставляться в палетах уже со вставленным уплотнением или иметь коэкструдированное уплотнение. Тип уплотнения и штапика подбирается в зависимости от принятой толщины стеклопакета. С точки зрения трудозатрат при изготовлении окон второй способ более удобен.

Вставка стеклопакетов (остекление) и закрепление их при помощи штапиков. Штапик является элементом, устанавливаемым на завершающей стадии изготовления окна. До штапика на окно устанавливается комплект фурнитуры и стеклопакеты, правила установки которых рассмотрены в соответствующих разделах.

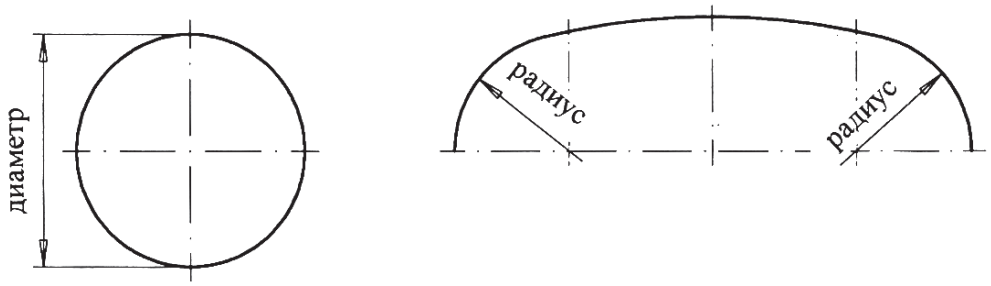
Штапики режутся на пиле для резки штапиков под углом 45°. Штапики длиной менее 400 мм режутся под прямым углом. Ножка на концах штапика в любом случае режется под углом 45° в противоположном направлении. Благодаря комбинированному пильному диску штапик режется при ходе пильного полотна вперед, а ножка назад. За счет этого наплавленный валик сварного шва рамы или створки не мешает установке штапика. В случае вставленного на заводе уплотнения, уплотнение режется вместе со штапиком. Если применяется штапик без уплотнения, вначале режется штапик, затем уплотнение для стекла укладывается в штапик и отрезается кусачками точно по заданному размеру.

При установке штапиков, нарезанных под углом 45°, вначале устанавливаются более короткие штапики, потом более длинные. Штапики вбиваются несильными ударами при помощи пластмассового или резинового молотка. При установке штапиков, нарезанных под прямым углом, вначале укладываются горизонтальные штапики, затем вертикальные. При необходимости расстекления окна штапик снимается при помощи острого шпателя.

Гибка оконного профиля. Как показывает практика, наибольшее количество спорных моментов между проектировщиками и изготовителями вызывают конструктивные решения арочных и круглых окон, т.е. все то, что связано с гибкой ПВХ. На рис. 2.2.6.5 приведена таблица минимально возможных радиусов гибки для профилей рам и створок системы VEKA Euroline AD. Гибка рам и створок является наиболее отработанной стандартной операцией. Кроме того, можно гнуть импостные и штульповые профили.

Для того, чтобы согнуть оконный профиль из жесткого ПВХ, его необходимо разогреть до температуры размягчения, после чего определенным образом приложить изгибающие нагрузки, так чтобы получить изогнутый элемент с заданными геометрическими параметрами. Изгиб профиля должен осуществляться в одной плоскости, при этом необходимо избежать выгиба из плоскости (депланации) узких наружных стенок профиля.

Очевидно, что при многокамерной полой структуре ПВХ-профиля, это требование является практически невыполнимым. Поэтому непосредственно до разогрева профиля в его основную камеру по всей длине заготовки вводят специальный вкладыш из отдельных кусочков жесткого ПВХ, соединенных между собой. Пластиковые гибочные вкладыши индивидуальны для каждого профиля и называются цепями.



	мин. диаметр в см	мин. радиус в см
рама 55 мм	55	27,5
рама 67 мм	70	35
рама 76 мм	75	37,5
рама 82 мм	80	40
рама 100 мм	100	50
створка 67 мм	70	35
створка 82,5 мм	80	40
створка 100 мм	100	50

Рис. 2.2.6.5. Таблица минимальных радиусов арочных и круглых окон для глухих и открывающихся окон системы VEKA Euroline AD.

После вставки основной внутренней цепи профиль разогревают в термокамере за счет инфракрасного излучения или (что является более старым методом) в глицериновой ванне. При этом равномерность прогрева профиля является определяющим фактором для качества гибки.

Разогретый профиль помещают на специальный стол с зафиксированными согласно проектному радиусу роликовыми направляющими. По бокам профиля выставляются еще две обжимные цепи, после чего осуществляется его изгиб. Размер рабочего стола определяет максимальный радиус изгиба дуги. При этом минимальный радиус (рис. 2.2.6.5) определяется жесткостью профиля.

Таким образом, при всей простоте изготовления окон из ПВХ, гибка профиля является сложной операцией, требующей определенного опыта и навыков. Очевидно, что при изготовлении окна с открывающейся арочной створкой достаточно трудно в идеале выдержать совпадение радиуса изгиба рамного и створочного профиля. Если учесть при этом, что изогнутые профили не могут быть проармированы, то сложности в эксплуатации такого окна (за счет проблем организации плотного притвора в арочной части) дополнительно за счет температурных деформаций неармированного ПВХ становятся очевидны. Не случайно опытные производители по возможности стараются сделать арочные части окон глухими.

Наглядно взаимосвязь архитектуры и технологических решений может быть проиллюстрирована на примере реальных объектов, возведенных и эксплуатирующихся в настоящее время в Подмосковье.

На рис. 2.2.6.6 показаны фрагменты фасадов индивидуального жилого дома, проектом реконструкции которого предусматривалась переделка гаража под столовую с заменой прямоугольных окон на арочные. Заказчиком было особо отмечено пожелание замены гаражных ворот на полностью открывающиеся арочные окна.



Рис. 2.2.6.6. Индивидуальный жилой дом в Московской обл. Реконструкция с заменой прямоугольных оконных проемов на арочные.

Как уже отмечалось выше, полностью открывающееся арочное окно из ПВХ не позволяет обеспечить надежную герметизацию в неармированной арочной части и, кроме того, влечет за собой значительное удорожание за счет применения нестандартного комплекта фурнитуры.

Компромиссное решение было найдено за счет устройства дополнительных проемов над несущей перемычкой гаражных ворот, в которые были вставлены глухие арочные окна. Соответственно строго под ними на всю высоту ворот были установлены прямоугольные поворотно-откидные окна. Это позволило сохранить единый архитектурный облик дома, одновременно создав благоприятное для интерьеров дополнительное верхнее освещение столовой. При этом были обеспечены оптимальные условия для изготовления и эксплуатации окон из ПВХ. Три малых открывающихся арочных окна по боковому фасаду имеют открывание в нижней прямоугольной части, а глухая арочная часть отделена горизонтальным импостом.

2.3. ОКНА С ПЕРЕПЛЕТАМИ ИЗ АЛЮМИНИЯ.

В отличие от окон из ПВХ, алюминиевые окна хорошо известны в России. В практику отечественного строительства окна с пакетным остеклением в переплетах из так называемого «теплого» алюминия были внедрены Всесоюзным институтом легких сплавов уже в 70-х годах. Впервые они были применены при строительстве Института автоматики и телемеханики в Москве. В дальнейшем типовые теплые алюминиевые окна были разработаны институтами Гипромонтажиндустрия и ЦНИИПромзданий для унифицированных одноэтажных зданий с легким металлическим каркасом. Окна из пустотелых алюминиевых профилей, называемые сейчас «холодным» алюминием, были применены при строительстве здания аэропорта Домодедово в Москве.

В настоящее время на российском рынке современных алюминиевых окон представлены развитые профильные системы как отечественных, так и зарубежных производителей.

2.3.1. АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ, КАК МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ.

Алюминий (Al)– металл серебристо-белого цвета, находится в группе II периодической системы элементов, порядковый номер 13. Относится к группе легких цветных металлов.

Алюминий добывают из горных пород с высоким содержанием глинозема (боксита, каолина, нефелина, алунита). Наиболее распространены в природе богатые глиноземом каолиновые глины, содержащие алюминий в составе минерала каолинита $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. Однако, получение алюминия из каолиновых глин сложно, из-за присутствия значительного количества кремнезема.

Основным сырьем для производства алюминия служат ***бокситы,*** содержащие 30-50% Al_2O_3, 3-13 % SiO_2, 2-4% TiO_2 и 10-18% гидратной влаги. Рудными минералами бокситов являются гидраты окиси алюминия $Al_2O_3 \cdot H_2O$ и $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$. Основные месторождения бокситов в России находятся на Урале, в Сибири и на Кольском полуострове.

Российская алюминиевая промышленность сравнительно молода, и была создана в бывшем СССР после реализации плана ГОЭЛРО, создавшего мощную энергетическую базу, необходимую для производства алюминия, которой не располагала дореволюционная Россия.

По сравнению со сталью алюминий является мягким пластичным материалом. Плотность его составляет ρ=2700 кг/м^3, а модуль упругости E=71 000 Па, что почти в три раза меньше плотности и модуля упругости стали. Алюминий очень пластичен – удлинение при разрыве достигает 40-50%, но прочность его весьма низка (предел прочности $\sigma_в$ составляет порядка 60-70 МПа). Алюминий имеет очень высокую, даже по сравнению с другими металлами, теплопроводность. Его коэффициент теплопроводности составляет λ=220 Вт/м ^oC, что почти в 4 раза превышает коэффициент теплопроводности стали.

Алюминиевые сплавы

Вследствие низкой прочности технически чистый алюминий в строительных конструкциях применяется крайне редко. Для повышения прочности в него вводят легирующие добавки – магний, марганец, медь, кремний цинк и некоторые другие элементы.

Легирование повышает прочность алюминия, но снижает его пластичность и коррозионную стойкость. Поэтому в строительстве применяют малолегированный алюминий малой и средней прочности. Механические, технологические и эксплуатационные свойства алюминиевых сплавов определяются химическим составом и условиями обработки полуфабрикатов.

Все сплавы на основе алюминия подразделяются на два класса – деформируемые (обрабатываемые давлением – прокаткой, прессованием, штамповкой, гибкой) и литейные. В строительстве используют почти исключительно деформируемые сплавы, из которых изготавливают листы, ленты, профили, трубы и другие полуфабрикаты.

Для производства оконных профилей используются сплавы на основе системы **Al-Mg-Si,** которые по своему химическому составу относятся к ***деформируемым алюминиевым сплавам, упрочняемым термической обработкой.*** Сплавы системы **Al – Mg – Si** отличаются высокой коррозионной стойкостью и пластичностью, что позволяет прессовать из них тонкостенные профили профили сложного сечения при больших скоростях. Они удовлетворительно свариваются аргоно-дуговой, роликовой и точечной сваркой, хорошо полируются, имеют хороший декоративный вид.

Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемым термической обработкой приобретают высокие механические свойства и хорошую сопротивляемость коррозии только в результате термической обработки. Термическая обработка заключается в закалке и последующем старении.

Российские производители алюминиевых оконных профилей используют сплав **АД-31,** а зарубежные – сплав **AlMgSi** (сплав N 6060 в соответствии с « Международным регистром сплавов и химических композиций для алюминиевых сплавов», издаваемым Вашингтонской Ассоциацией Алюминия) или сплав **AlMgO7Si** N 6063. Прочностные характеристики указанных сплавов принципиально не отличаются между собой, а их а номинальный химический состав приведен в табл. 2.3.1.1.

Табл. 2.3.1.1

Номинальный химический состав деформируемых алюминиевых сплавов, применяемых для производства оконных профилей (в соответствии с ГОСТ 22233-2001 «Профили прессованные из алюминиевых сплавов для светопрозрачных ограждающих конструкций. Технические условия»)

Обозначение системы и марки сплава	Массовая доля элементов, в процентах										
	Si	**Fe**	**Cu**	**Mn**	**Mg**	**Cr**	**Zn**	**Ti**	**Al**	Прочие	
АД 31										каждый	сумма
AlMgSi O,5	0,3-0,6	0,10-0,30	0,10	0,10	0,35-0,60	0,05	0,15	0,10	Остальное	0,05	0,15
AlMgSi 6060	0,3-0,6	0,10-0,30	0,10	0,10	0,35-0,60	0,05	0,15	0,10	Остальное	0,05	0,15
AlMgO,7Si	0,3-0,6	0,10-0,30	0,10	0,15	0,60-0,90	0,05	0,15	0,10	Остальное	0,05	0,15

Оконные профили из алюминиевых сплавов получают методом прессования – путем механического продавливания заготовки, нагретой до определенной температуры, через матрицу с заданным сечением. В современной терминологии, употребляемой за-

рубежными производителями, по аналогии с ПВХ применяется такое понятие как «экструзия». Поскольку алюминиевые сплавы, используемые для производства оконных профилей очень пластичны, метод прессования (экструзии) позволяет получать профили сложного сечения, конструкция которых будет рассмотрена ниже.

Для подготовки к последующей окраске поверхность профилей подвергают электролитической очистке – анодированию. В дальнейшем на профиль при помощи порошкового напыления в термокамере наносится окраска в любой из цветов по каталогу RAL.

Коррозионная стойкость

Алюминий и его сплавы легко окисляются на воздухе, образуя на поверхности пленку окисла толщиной 0,01…0,02 микрона, которая сама по себе, отличается высокой плотностью и прочностью. Это и определяет высокую коррозионную стойкость алюминия. Оконные конструкции, изготовленные из алюминиевых сплавов, перечисленных в табл. 2.3.1.1, и эксплуатируемые в неагрессивной, слабоагрессивной и среднеагрессивной средах, т.е. в подавляющем большинстве помещений гражданских зданий, можно применять без специальной защиты от коррозии. Характеристика устойчивости алюминиевых сплавов к воздействию различных химических веществ приведена в Табл. 2.3.1.2.

Табл. 2.3.1.2

Таблица устойчивости алюминия и его сплавов к воздействию различных химических веществ

№ п/п.	Наименование вещества
	Группа I. Хорошая сопротивляемость
1	Азотная кислота
2	Серная кислота
3	Лимонная кислота
4	Молочная кислота
5	Муравьиная кислота
6	Уксусная кислота
7	Фосфорная кислота
8	Хромовая кислота
9	Перекись водорода кислота
10	Аммиак газообразный безводный
11	Ароматические углеводороды
12	Бензол
13	Бензин
14	Этиловый спирт
15	Сероводород
16	Фенол
17	Окись и двуокись водорода
18	Питьевая сода
	Группа II. Неудовлетворительная сопротивляемость
1	Щелочная среда
Большинство химических соединений, имеющих в своем составе хлор и фтор приводят к язвенной (точечной) коррозии алюминия и его сплавов.	

Основной причиной разрушения металлоконструкций (в том числе и из алюминиевых сплавов) является ***электрохимическая коррозия,*** происходящая в различных водных растворах и возможная в атмосферных условиях при воздействии влажного воздуха.

Процесс электрохимической коррозии вызывается переходом атомов металла, находящихся в узлах кристаллической решетки, в раствор электролита при контакте с этим раствором. Переход атомов металла в ионы и растворение их в жидком электролите определяется величиной ***нормального электродного потенциала.*** *Нормальный электродный потенциал (В) характеризует то напряжение электрического тока (разность потенциалов), которое надо приложить к границе раздела твердого металла с жидким электролитом, чтобы воспрепятствовать переходу иона металла в раствор.* Чем отрицательнее нормальный электродный потенциал, тем более резко выражено стремление металла к растворению в электролитах. Нормальные электродные потенциалы для ряда металлов приведены в табл. 2.3.1.3.

Табл. 2.3.1.3

Сравнительная таблица нормальных электродных потенциалов для ряда металлов

№ п/п	***Наименование металла***	***В***	№ п/п	***Наименование металла***	***В***
1	Медь	+ 0,33	8	Кадмий	- 0,40
2	Висмут	+ 0,28	9	Железо	- 0,44
3	Сурьма	+ 0,22	10	Хром	- 0,56
4	Олово	- 0,10	11	Цинк	- 0,76
5	Свинец	-0,12	12	Марганец	- 1,10
6	Никель	- 0,23	13	**Алюминий**	**- 1,34**
7	Кобальт	- 0,29	14	Магний	- 1,53

При погружении в какой-либо электролит двух взаимно контактирующих металлов они образуют ***гальваническую пару*** с определенной разницей потенциалов. В этом случае в рассматриваемой системе самопроизвольно развивается процесс растворения металла, обладающего более отрицательным электродным потенциалом. Этот металл станет анодом и будет посылать свои ионы в раствор электролита, а другой металл – катодом, и в присутствии первого металла в электролите растворяться не будет.

Согласно табл. 2.3.1.3, ***алюминий обладает очень большим отрицательным потенциалом, и в среде электролита будет образовывать гальваническую пару с большинством металлов, при этом являясь анодом и разрушаясь.*** С точки зрения проектирования строительных конструкций, наиболее важна опасность разрушения алюминия и его сплавов за счет образования гальванической пары со сталью.

2.3.2. ПРОФИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ИЗ АЛЮМИНИЯ. ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ.

Переходя непосредственно к описанию конструктивных особенностей профилей, а также профильных систем, при последующем изложении будем использовать терминологию, общепринятую для оконных профилей из алюминиевых сплавов, условно называя их «алюминиевыми профилями».

Следует отметить, что в отличие от профильных систем из ПВХ, практически полностью ориентированных на решение задач, связанных с заполнением небольших окон-

ных проемов жилых и общественных зданий (как вновь возводимых, так и реконструируемых), алюминий – это прежде всего фасадная технология. Иными словами, алюминий в светопрозрачных конструкциях применяется там, где необходимо устройство остекления большой площади, воспринимающего значительные по величине статические и динамические нагрузки.

В соответствии с функциональным назначением, профили для алюминиевых окон как таковые, в отличие от ПВХ, не имеют своей ярко выраженной системной идеологии. Непосредственно алюминиевая оконная система строится по тому же принципу, что и система профилей из ПВХ. При этом номенклатура основных и дополнительных профилей, как правило, адаптирована к решению задач витражного остекления.

Оконные системы из алюминия, таким образом можно рассматривать как своего рода подсистему, сателлит системы фасадных профилей (витражной системы), конструктивные решения которых рассмотрены в главе 10. В этом смысле можно говорить о том, что окна из алюминия выпускаются производителями прежде всего потому, что их необходимо вставлять в фасадные остекленные стены.

2.3.3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЯ.

Системы алюминиевых оконных профилей образуются тонкостенными профилями, геометрия которых определяется функциональным назначением системы. Системные профили могут выполняться одно- и многокамерными. При этом высокая теплопроводность алюминия определяет разделение профилей на две основные группы по теплотехническим характеристикам: ***«холодный профиль»,*** применяемый при изготовлении окон для неотапливаемых объектов, при остеклении витрин и балконов, в конструкциях внутренних перегородок и дверей, показанный на рис. 2.3.2.1 и ***«теплый профиль»*** для окон и остекленных дверей отапливаемых помещений.

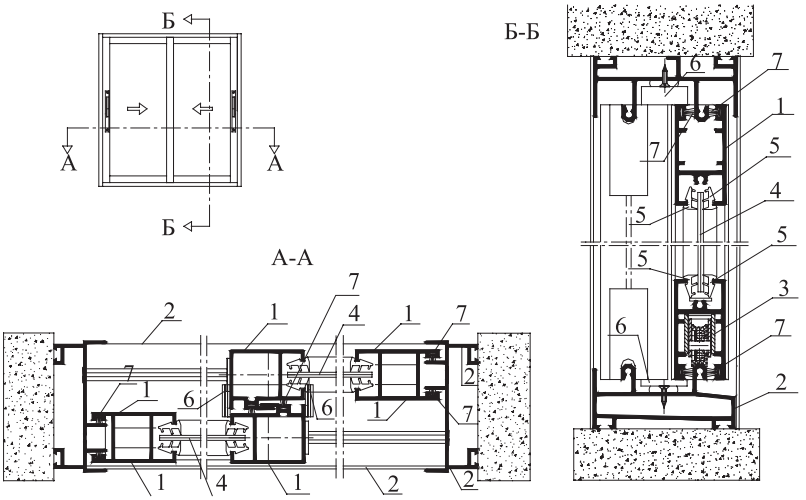


Рис. 2.3.2.1. «Холодные» алюминиевые профили для витринного и балконного остекления. Раздвижная система.

1 – профиль створки; 2 – профиль рамы; 3 – рельс; 4 – одинарное стекло; 5 – уплотнители; 6 – верхний и нижний ограничители движения створки, 7 – щеточное воздухопроницаемое уплотнение между подвижными створками

«Теплый» профиль отличается от «холодного» наличием ***термоизолирущей вставки*** (в некоторых источниках – «термовставка» или «термомост»), разделяющей наружную и внутреннюю части профиля. В силу такого построения теплый профиль называют иногда *«комбинированным профилем»*. В наиболее распространенном варианте термовставка представляет из себя две изолирующие планки из армированного стекловолокном полиамида*, характеристики которого приведены в табл. 2.3.2.1.

Табл. 2.3.2.1

Прочностные характеристики стеклонаполненного полиамида-6

Характеристика	Единица измерения	Величина
Объемный вес	кг/м^3	1300
Коэффициент температурного расширения	1/^{o}C	15... 25 x 10^{-6}
Предел прочности (временное сопротивление разрыву)	МПа	98... 215
Относительное удлинение при разрыве	%	1.5 – 2
Коэффициент теплопроводности	Вт/м ^{o}C	1.25 ... 1.46
Предел прочности при сжатии	МПа	105 ... 165

- Используемый в конструкции «теплых» алюминиевых профилей стеклонаполненный полиамид относится к группе слоисто-волокнистых композитов – конструкционных композитных материалов, состоящих из двух компонентов и более с сохранением индивидуальности каждого компонента.

Основным элементом композита является армирующий (усиливающий) наполнитель, удерживаемый в заданных форме и размерах полимерной матрицей, называемой на стадии изготовления композита связующим. Армирующие наполнители могут быть в форме волокон, нитей, жгутов, сеток, тканей, лент, холстов, листа бумаги и др., получаемых из стекла, керамики, углеродных и органических (полимерных) материалов. Прочность этих наполнителей может составлять от 2 до 32 гПа.

Армирующие наполнители, воспринимая основную часть внешней нагрузки, обеспечивают прочность и жесткость композита. Свойства волокон, их размеры и форма, характер расположения в полимерной матрице и содержание определяют упругопрочностные и деформационные свойства композиции.

Полимерная матрица определяет химостойкость композита, его рабочую температуру и технологические параметры производства изделий из него, механические свойства при сдвиге и в направлениях, отличных от ориентации волокон.

Полиамид, используемый в качестве полимерной матрицы для композита, применяемого в термовставках алюминиевого профиля, относится к группе синтетических полимеров, содержащих в молекуле амидные группы – CO–NH-, твердых роговидных или прозрачных стеклообразных веществ. Полиамиды устойчивы к действию многих химических реагентов, имеют малую гигроскопичность, повышенную электризуемость, невысокую термо- и светостойкость. Основное направление использования полиамидов – производство тканей, трикотажа, шинного корда, фильтровальных материалов и др. Наиболее известные из полиамидов – капрон, нейлон, дедерон.

Термовставки закатываются между алюминиевыми профилями на вальцово-закаточной линии с высокой степенью прочности и точностью по геометрии комбинированного профиля. В зависимости от фирмы-изготовителя ширина термоизолирущей вставки колеблется в пределах 18 – 34 мм. Сечения готовых профилей с термовставками и комбинация «теплых» рамы и створки показаны на рис. 2.3.2.2.

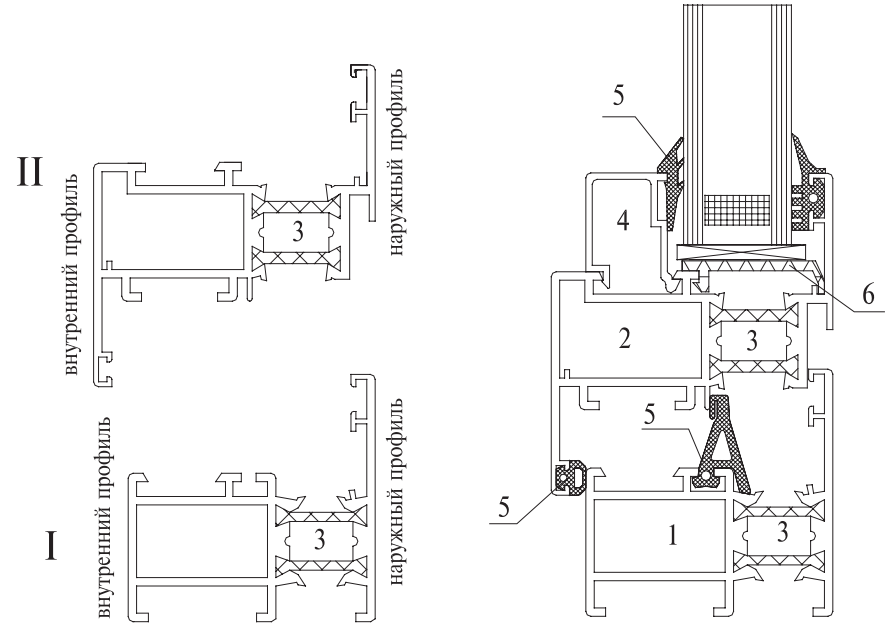


Рис. 2.3.2.2. Конструкция алюминиевых профилей с термовставками (система Yawal PI 50)
I – профиль рамы; II – профиль створки

1 – рама, 2 – створка, 3 – полиамидные вставки, 1’ и 2’ – «внутренние» образующие профили соответственно рамы и створки, 1”и 2” – «внешние» образующие профили соответственно рамы и створки, 4 – штапик, 5 – уплотнители, 6 – подкладка под стеклопакет

За счет полиамидных вставок осуществляется разрыв горизонтальных стенок профиля, через которые тепло теряется вследствие высокой теплопроводности алюминия. Армированный стекловолокном полиамид, имеющий в 150 раз меньший коэффициент теплопроводности, исключает возможность промерзания профиля по горизонтальным стенкам. Вместе с тем, армированный полиамид, относящийся к композитным материалам, не уступает алюминию по прочностным характеристикам и обеспечивает совместную работу внутреннего и наружного профиля при восприятии горизонтальных ветровых нагрузок.

Следует отметить, что, несмотря на применение изолирующих вставок, термическое сопротивление профилей из алюминия остается более низким по сравнению с оконными профилями из других материалов. Так, приведенное термическое сопротивление наиболее распространенных ПВХ-профилей в зависимости от количества камер колеблется в пределах 0.5 – 0.7 м^2 ^{o}С/ Вт, а у большинства теплых алюминиевых профилей изменяется в среднем от 0.35 до 0.45 м^2 ^{o}С/Вт.

Такое соотношение величин в основном определяется влиянием двух факторов:

1) интенсивным радиационным и конвективным теплообменом между стенками наружного и внутреннего профиля, обращенными внутрь камеры с термовставками;

2) более холодным (по сравнению с профилями из ПВХ) режимом краевой зоны стеклопакета.

На рис. 2.3.2.3 показаны комбинации рамы и створки алюминиевых профилей с повышенными теплозащитными характеристиками, достигаемыми:

- снижением интенсивности теплообмена во внутренней камере за счет заполнения пространства между вставками вспененным полиуретаном, имеющим низкий коэффициент теплопроводности – $\lambda = 0.04 \ldots 0.05$ Вт/м ^{o}С (рис. 2.3.2.3а)
- за счет установки единой комбинированной термовставки с промежуточными продольными стенками (рис. 2.3.2.3б).

Из рисунков (см. рис. 2.3.2.2 и рис. 2.3.2.3) хорошо видно, что алюминиевые профили не имеют ярко выраженной дренажной камеры. Из этого вытекает принципиальное отличие от профилей из ПВХ в решении узла примыкания наружного уплотнения к стеклопакету. Низкие прочностные характеристики ПВХ обуславливают необходимость применения пространственной структуры в решении наружной дренажной камеры. В алюминии такая необходимость отпадает, и остекление закрепляется в профиле изнутри штапиком, а снаружи – тонкой стенкой рамного или створочного профиля со вставленным уплотнителем.

Таким образом, алюминиевый профиль не имеет наружной воздушной прослойки в месте примыкания стеклопакета, которая в создается в ПВХ-профилях за счет дренажной камеры и защищает краевую зону стеклопакета от промерзания. Вместе с тем, для алюминиевых профилей, также как и для ПВХ, необходим дренаж, что соответственно влечет за собой и все сопутствующие проблемы, описанные выше для ПВХ.

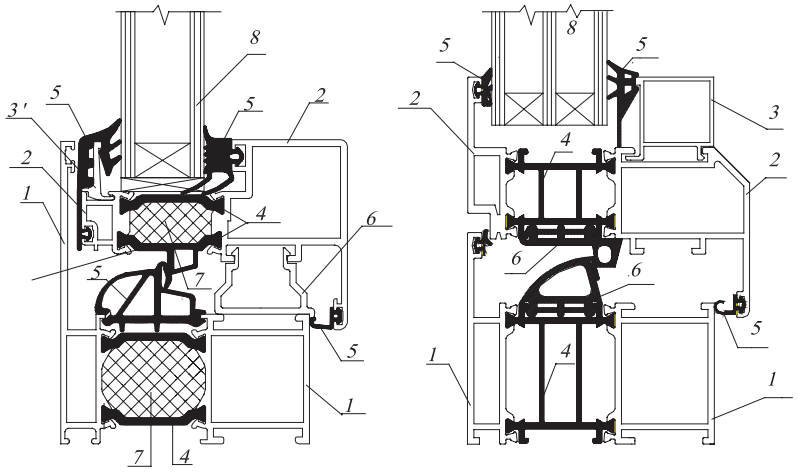


Рис. 2.3.2.3. Алюминиевые профили с повышенными теплозащитными характеристиками.

А) с заполнением пространства между термовставками вспененным полиуретаном (система HUECK); б) с многокамерной термовставкой (система ВСМПО)

1 – профиль рамы; 1’ – профиль импоста; 2 – профиль створки; 3 и 3’ – штапики; 4 – термовставка; 5 – уплотнители; 6 – дополнительный профиль; 7 – заполнение полиуретаном; 8 – стеклопакет.

2.4. ОКНА С ПЕРЕПЛЕТАМИ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА.

Полиэфирные стеклопластики – термореактивные материалы на основе полиэфирных смол, получаемые путем пропитки стеклянного волокна или стеклоткани термореактивными полимерами с последующим отверждением. Как и стеклонаполненный полиамид, используемый в термовставках алюминиевых профилей, стеклопластик относится к группе слоисто-волокнистых композитных материалов.

Применение стеклопластиков в конструкциях оконных профилей прежде всего связано с попыткой соединить в одном материале достоинства алюминия и ПВХ, соответственно исключив недостатки. Действительно, благодаря армирующему эффекту стекловолокна, стеклопластики отличаются очень высокой прочностью (порядка 410 – 1180 х 10^6 Н/м^2 при сжатии и 690 – 1240 х 10^6 Н/м^2 при изгибе), выдерживают воздействие температур от –70 оС до +170 ^{o}С. При этом их коэффициент линейного расширения в интервале температур от –60 до + 50 ^{o}С близок к стеклу и составляет 11 ... 13 х 10^6 1/^{o}С, а коэффициент теплопроводности λ = 0.3 – 0.35 Вт/м ^{o}С близок к ПВХ. Таким образом в окнах из стеклопластика одновременно снимаются проблемы низкой прочности и температурных деформаций, болезненные для ПВХ, и характерная для алюминия высокая теплопроводность.

Казалось бы, по всем своим показателям стеклопластиковые окна должны быть вне конкуренции. Однако между потенциальными характеристиками материала и конечным изделием из него неизбежно возникает вопрос технологии.

Стеклопластиковые оконные переплеты, как и алюминиевые с термовставками, не являются для России новшеством. Окна из стеклопластиков с пакетным остеклением применялись в экспериментальном жилищном строительстве бывшего СССР. Их производство было освоено Саратовским заводом технического стекла. За рубежом стеклопластиковые окна известны, как и ПВХ, с конца 50-х. Однако, вплоть до сегодняшнего дня в этом направлении не удалось совершить ощутимого технологического прорыва, который позволил бы получить конкурентоспособные с ПВХ и алюминием конструктивные решения профильных систем из стеклопластика.

Для изготовления профилей, которые производились на Саратовском заводе, использовали стеклохолст и связующее, представлявшее собой смесь жидкого бакелита, олеиновой кислоты и красителя. Стеклохолст после пропитки связующим подсушивали при температуре 100-120 ^{o}С, а затем разрезали на заготовки, из которых впоследствии изготавливали переплеты. Переплеты изготавливались в пресс-формах при 135 ^{o}С с выдержкой в течение 40-50 мин под давлением.

Современные оконные профили из стеклопластика, поставляемые на российский рынок из Канады, получают методом пултрузии – протягивания через нагретую фильеру стекловолоконного материала, пропитанного термореактивной смолой. На выходе из фильеры получается готовое изделие – оконный профиль. Впоследствии на профиль, по аналогии с алюминием, наносится окрасочное покрытие.

Такая технология позволяет получить тонкостенные профили, сходные по своей конструкции с «холодным» алюминием – однокамерные, имеющие два контура уплотнения (рис. 2.0.4.1).

Очевидно, что однокамерный профиль, даже изготовленный из материала, имеющего относительно низкую теплопроводность, не может обеспечить требуемых теплозащитных характеристик за счет интенсивного радиационного и конвективного теплообмена между стенками основной камеры.

В конструкциях стеклопластиковых переплетов, применявшихся в СССР и Европе в 70-е годы, по аналогии с алюминием, внутрь профиля вставляли сердечник из древесно-стружечных плит. Однако опыт эксплуатации таких окон показал, что через отверстия в местах крепления фурнитуры (оконных ручек и петель) в сердечник проникала влага, что в ряде случаев приводило к размораживанию переплетов.

Следует отметить, что проблема так и не нашла своего решения вплоть до сегодняшнего дня.

При этом однокамерная конструкция не является единственным технологическим ограничением стеклопластиковых оконных профилей. Стеклопластиковые профили не свариваются, не гнутся (например арочные окна не могут быть изготовлены из стеклопластика); непосредственно перед покраской практически невозможно получить идеально гладкую поверхность, идентичную алюминию и ПВХ.

Таким образом, окна с переплетами из стеклопластика имеют очень ограниченную сферу применения – в зданиях со специальными требованиями (в основном промышленных с агрессивной воздушной средой и интенсивными тепловыделениями), где не могут быть установлены окна из алюминия и ПВХ. При этом на сегодняшний день производство стеклопластиковых профилей все еще остается дорогим и трудоемким.

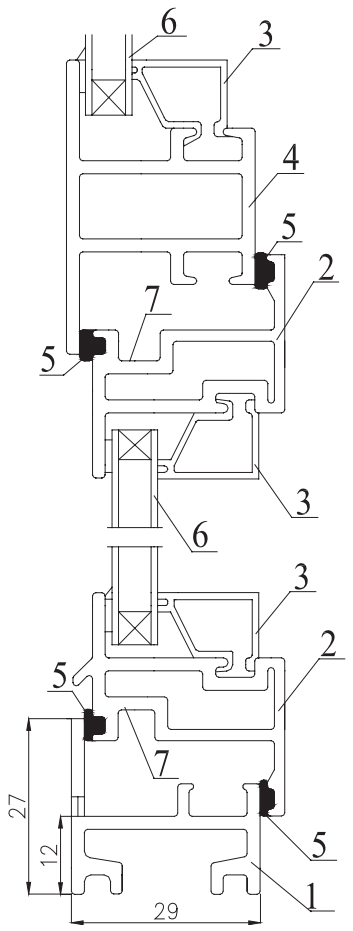


Рис. 2.0.4.1. Конструктивные решения стеклопластиковых оконных профилей.

1 – профиль рамы, 2 – профиль створки, 3 – профиль штапика, 4 – профиль импоста, 5 – уплотнения, 6 - стеклопакет

2.5. ОКНА С ПЕРЕПЛЕТАМИ ИЗ ДЕРЕВА.

Древесина является натуральным природным материалом, позволяющим получить ни с чем не сравнимые уютные интерьеры и микроклимат в сочетании с большим разнообразием форм и оттенков, а для производства окон является материалом традиционным и наиболее отработанным.

До недавнего времени трудно было представить, что оконные конструкции в массовом гражданском строительстве России будут производиться из какого-либо другого материала. На территории Советского Союза располагалась почти четверть мировых лесных богатств. Большинство из них унаследовала современная Россия. В настоящее время деревянные окна, производимые из отечественного сырья, занимают значительную часть российского рынка.

Деревянные окна являются наиболее дорогими из всех окон, поскольку процесс изготовления деревянного окна в полном соответствии с необходимым технологическим регламентом требует значительных как материальных, так и временных затрат. Для того, чтобы конкретизировать этот тезис, остановимся более подробно на свойствах древесины как конструкционного материала, а также на отдельных особенностях технологии производства деревянных окон.

2.5.1. ДРЕВЕСИНА КАК МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ.

Дерево имеет оригинальную, присущую только ему макроструктуру (рис.2.5.1.1). На разрезе древесного ствола можно различить его основные части – сердцевину, кору, камбий, заболонь и луб.

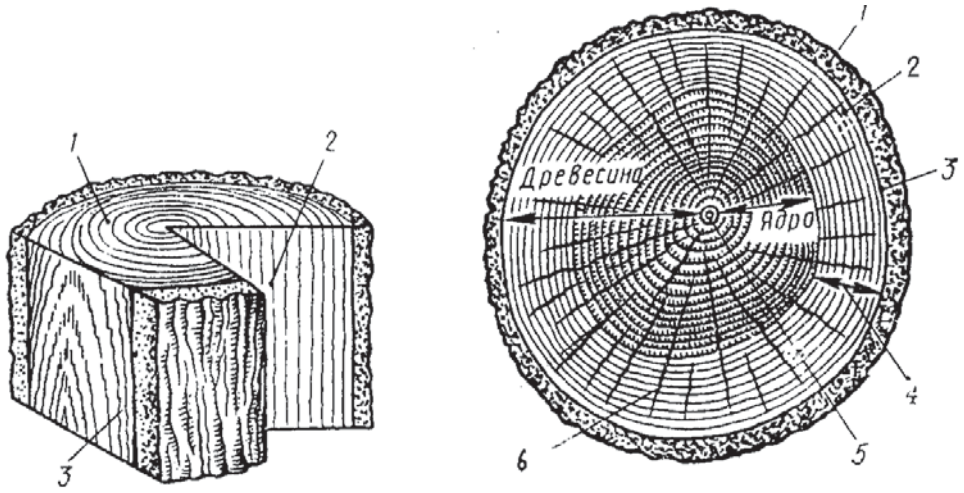


Рис.2.5.1.1. Строение ствола дерева.
1 – кора, 2 – камбий, 3 – луб, 4 – заболонь, 5 – сердцевина, 6 – ядро, 7 - сердцевинные лучи.

Сердцевина состоит из клеток с тонкими стенками, слабо связанных друг с другом. Сердцевина совместно с древесной тканью первого года развития дерева образует сердцевинную трубку. Эта часть ствола дерева легко загнивает и имеет малую прочность.

Кора состоит из кожицы или корки, пробковой ткани и луба. Корка и пробковая ткань защищают дерево от вредных воздействий среды и механических повреждений. ***Луб*** проводит питательные вещества от кроны в ствол и корни.

Камбий – слой живых клеток, располагающийся под лубяным слоем растущего дерева. Ежегодно в вегетативный период камбий откладывает в сторону коры клетки луба и внутрь ствола, в значительно большем объеме, – клетки заболони. Деление клеток камбиального слоя начинается весной и заканчивается осенью. Клетки древесины, откладывающиеся ежегодно, образуют годичные кольца. По числу годичных колец определяют возраст дерева.

В процессе роста дерева, стенки клеток древесины внутренней части ствола, примыкающей к сердцевине, постепенно изменяют свой состав и пропитываются у хвойных пород смолой, а у лиственных – дубильными веществами. Движение влаги в этой части ствола прекращается, и она становится более прочной, твердой и менее способной к загниванию. Эту часть ствола, состоящую из мертвых клеток, называют у некоторых пород ***ядром,*** у других – ***спелой древесиной***. Часть более молодой древесины ствола ближе к коре, в которой имеются еще живые клетки, обеспечивающие перемещение питательных веществ от корней к кроне, называют ***заболонью***. Эта часть древесины имеет большую влажность, относительно легко загнивает, малопрочна, обладает большей усушкой и склонностью к короблению. Лес, стволы которого имеют большой диаметр спелой древесины, наиболее ценится в строительном деле. В некоторых источниках такое дерево называется *спелой древесиной или спелым лесом.*

В древесине всех пород располагаются ***древесные лучи,*** которые служат для перемещения влаги и питательных веществ в поперечном направлении. Древесина легко раскалывается по сердцевинным лучам, по ним же она растрескивается при высыхании.

Для производства окон используется древесина как лиственных, так и хвойных пород. Из хвойных наиболее широко применяются сосна, ель, лиственница, пихта и кедр. Из лиственных – дуб и экзотические породы красной древесины – махагони и меранти. Каждая порода дерева характеризуется своими специфическими свойствами, характеризующими изменение геометрии при объемной усушке, поэтому применение древесины разных пород в одном оконном блоке с этой точки зрения нежелательно.

По своему микростроению древесина представляет собой волокнистую структуру. Ее основную массу составляют различные веретенообразные клетки, вытянутые вдоль ствола. В силу такого строения физические свойства древесины сильно отличаются в направлениях вдоль волокон и поперек.

Основные физические свойства для наиболее распространенных пород древесины, применяемой в производстве окон, приведены в табл.2.5.1.1.

Табл.2.5.1.1.

Основные физические свойства древесины различных пород

Порода дерева	**Объемный вес, кг/м³**	**Коэффициент теплопроводности, Вт/м °С**		**Коэффициент объемной усушки, %**		**Предел прочности, мПа , при**		
		вдоль волокон	поперек волокон	вдоль волокон	поперек волокон	растяжении	сжатии	изгибе
Сосна	500	0.18 (0.35)*	0.09 (0.18)	0.120	5.72	103..5	48..5	86

Порода дерева	Объемный вес, кг/м^3	Коэффициент теплопроводности, Вт/м ^{o}C		Коэффициент объемной усушки, %		Предел прочности, мПа , при		
Ель	445	0.18 (0.35)	0.09 (0.18)	молодая 0.122 старая 0.086	молодая 6.72 старая 8.13	103	44..5	79..5
Лиственница	660	–	–	0.075	6..32	125	64..5	111..5
Пихта	375	–	–	–	–	67	39	68..5
Дуб	690	0.23 (0.41)	0.1 (0.23)	молодой 0.400 старый 0.130	молодой 7..55 старый 7.78	123	57..5	107..5

* В таблице приведены значения коэффициентов теплопроводности дерева в сухом состоянии. В скобках приведены значения, соответствующие условиям эксплуатации древесины в наружных ограждающих конструкциях (Прил.3 СНиП II-3-79*), принимаемые в теплотехнических расчетах. Повышенные значения коэффициента теплопроводности учитывают увлажнение материала атмосферной и эксплуатационной влагой.

Качество древесины для деревообрабатывающего производства определяют не только на основании физических свойств породы, но и на основании имеющихся в ней пороков. Пороками называют недостатки отдельных участков древесины, снижающие ее качество и ограничивающие возможность использования. Наиболее часто встречающиеся из них можно условно разделить на три основные группы: 1) пороки строения древесины (сучки, трещины, наклон и свилеватость волокон и др.), 2) пороки вызванные химическими процессами и грибковыми поражениями и 3) пороки, образующиеся в результате повреждения насекомыми.

Первая и третья группа пороков, как правило, практически полностью устраняются в процессе производства оконных блоков, вместе с тем опасность поражения грибком сохраняется на протяжении всего периода эксплуатации окна, и в значительной степени определяет его долговечность.*

- Питательной средой для дереворазрушающих грибов, вызывающих гниение, является целлюлоза, слагающая стенки клеток древесины. Такие грибы выделяют фермент, который превращает нерастворимую в воде целлюлозу (полисахарид) в растворимый моносахарид:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + mH_2O = n(C_6H_{12}O_6),$$

служащий для питания и дальнейшего развития грибов. В теле гриба моносахарид окисляется кислородом воздуха, образуя углекислый газ и воду.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$$

Древесина при этом меняет окраску, масса ее уменьшается, нарушаются связи между волокнами, она покрывается сетью продольных и поперечных трещин и распадается на призматические или кубические участки или становится трухлявой.

Грибы могут существовать и развиваться только при определенных условиях – наличии кислорода (из воздуха), необходимой влажности (больше 20%) и температуры (обычно +20 …+40 ^{o}C). Древесина с влажностью меньше 18-20% не гниет, а в пораженной гнилью древесине при этих условиях процесс гниения прекращается. ***Высокое качество сушки и мероприятия по защите древесины от увлажнения, таким образом, являются важнейшим условием долговечности всех деревянных конструкций, безусловно, включая и окна.***

Все породы дерева имеют приблизительно одинаковый коэффициент линейного расширения, который составляет 2 – 6 х 10 –6 [1/^{o}C] вдоль волокон и 50 – 60 х 10^{-6} [1/^{o}C] поперек волокон, при этом определяющей является первая величина. Отметим, что коэффициент линейного расширения дерева поперек волокон достаточно высок и сравним по величине с ПВХ.

Однако, ***в отличие от ПВХ величина линейного температурного расширения для дерева не является определяющей. Гораздо большее влияние на работу деревянных оконных переплетов оказывают процессы, связанные с изменением влажности древесины в процессе эксплуатации окна, а именно – усушка и коробление, вызывающие изменения геометрических размеров оконного профиля.***

Древесина обладает способностью поглощать влагу из окружающего воздуха и отдавать ее обратно, при этом постоянно стремясь к достижению некоторой так называемой ***«равновесной влажности».***

Таким образом, дерево чутко реагирует на изменение основных параметров окружающей среды – ***температуры*** и ***относительной влажности.*** Каждому сочетанию температуры и относительной влажности соответствует определенная ***равновесная влажность древесины.***

Понятие равновесной влажности относится к так называемой «связанной» или «гигроскопической» влаге, содержащейся в клеточных стенках древесины и прочно удерживается в основном за счет физико-химических связей. Кроме того, в древесине может содержаться и ***свободная влага,*** находящаяся в капиллярах.

При высыхании древесины свободная вода, удерживаемая за счет сил капиллярного взаимодействия, удаляется относительно легко и не оказывает определяющего влияния на свойства древесины. При удалении связанной воды уменьшаются толщина клеточных стенок и поперечные размеры клеток. Происходит так называемый процесс «усушки» древесины.

Величина усушки вдоль и поперек волокон не одинакова. Усушка вдоль волокон в несколько десятков раз меньше, чем поперек волокон. При этом усушка в тангенциальном направлении (от центра поперечного сечения) в 1,5... 2 раза больше, чем в радиальном. ***Разница в усушке в различных направлениях и неравномерность высыхания сопровождается возникновением внутренних напряжений в древесине, что может вызвать ее коробление и растрескивание.***

Полная усушка древесины наиболее распространенных отечественных лесных пород в тангенциальном направлении равна 8... 10 %, в радиальном 3...7 %, вдоль волокон 0,1... 0,3 %, полная объемная усушка 11... 17 %.

Как правило, стандартная отпускная равновесная влажность для изделий из дерева (в том числе и для окон) составляет 10- 12%. После установки окон в отапливаемых помещениях (в жилых зданиях с температурой внутреннего воздуха Тв = + 20 ^{o}C и относительной влажностью Фв = 25-30 % в зимнее время) эта величина в среднем уменьшается до 7-8 %, и остается таковой на протяжении всего периода эксплуатации окна.

Величина усушки β ***при снижении содержания связанной воды в древесине на 1% называется*** **коэффициентом усушки** $\mathbf{K}_\beta$. С достаточным для инженерных расчетов приближением коэффициент усушки $\mathbf{K}_\beta$ на 1% влажности древесины обычно принимают равным 0,3%.

Как уже отмечалось, каждому состоянию воздушной среды, характеризуемому такими параметрами как **температура [t, °C] и относительная влажность [φ, %], соответствует своя равновесная влажность древесины [W*f*, %].** Влажность древесины **W*f***, равновесную воздушной среде с температурой **t °C** и относительной влажностью $\varphi_в$, определяют по диаграмме, представленной на рис.2.5.1.2.

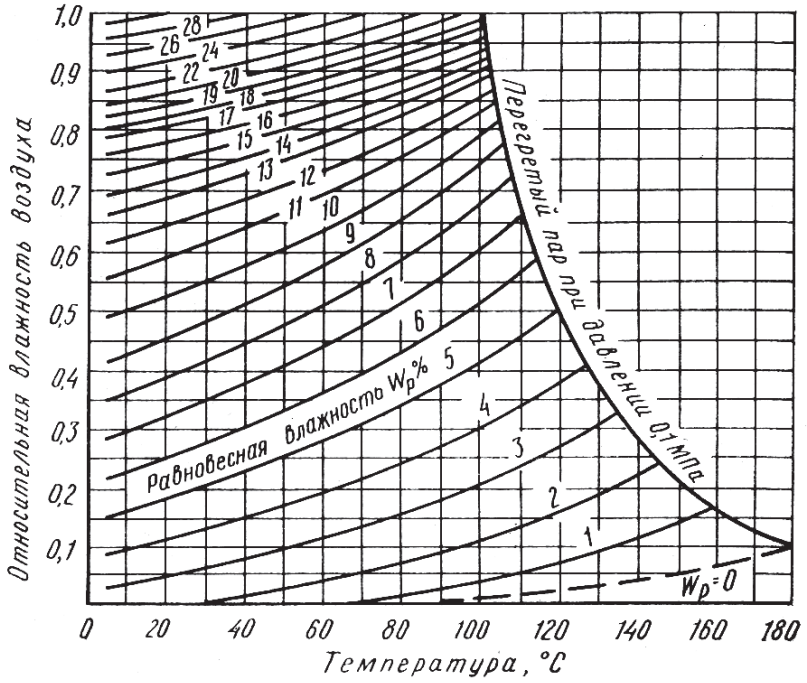


Рис. 2.5.1.2. Диаграмма равновесной влажности древесины (по П. С. Серговскому)

ПРИМЕР

Приведем **пример расчета изменений геометрических размеров** оконных переплетов индивидуального жилого дома в Московской обл., вызванных процессами усушки-набухания древесины в течение годового цикла.

Окна, установленные в конце 1997 г. и обследованные весной 2002 г., имели влажность древесины, определенную экспериментально, равную 6 %. Толщина переплетов – **d**=65 мм («евроокно» – см. раздел 2.5.3.)

Если принять, что относительная влажность воздуха зимой внутри помещения достигает $\varphi_в$ **~= 20%**, а летом составляет величину, близкую к $\varphi_в$ **~= 55%** и при этом внутри помещения круглогодично поддерживается средняя температура внутреннего воздуха **t=20 °C,** то согласно диаграмме равновесной влажности (рис.2.5.1.2) можно определить значения равновесной влажности древесины соответственно как

$\mathbf{W}_{fI}$**= 6 %**, при – $\varphi_в$**= 25%**, и t**=20 °C**; и

W_{f2}= 10,5%, при – $\varphi_в$= 55%, и t=20 °C

Следовательно, изменение влажности древесины в течение годового цикла может составить

$$\delta W = W_{f2} - W_{f1} = 10{,}5\% - 6\% = 4{,}5\%,$$

при этом усушка соответственно будет равна

$$\beta_W = K_\beta \cdot \delta W \cdot d = 0{,}3 \cdot 0{,}045 \cdot 65 = \underline{0{,}9 \text{ мм}}$$

Для сравнения:

Для рамы (или створки) толщиной 120 мм эта величина соответственно будет равна

$$\beta_W = K_\beta \cdot \delta W \cdot d = 0{,}3 \cdot 0{,}045 \cdot 120 = \underline{1{,}6 \text{ мм}}$$

Таким образом при эксплуатации деревянного оконного переплета в климатических условиях г. Москвы его геометрические размеры (из плоскости створки) могут колебаться в пределах 1… 1,5 мм на протяжении годового цикла.

Эти явления, связанные с природными свойствами древесины, необходимо учитывать как на стадии изготовления деревянных профилей для оконных переплетов, так и непосредственно при конструировании оконного блока, особенно с точки зрения работы уплотнений и оконной фурнитуры .

Поскольку подготовка сырья и заготовок являются первостепенными факторами, определяющими надежность работы деревянного окна, имеет смысл более остановиться на технологических операциях до описания непосредственно конструктивных решений окон из дерева.

2.5.2. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ДЕРЕВА.

В производстве деревянных окон можно условно выделить несколько этапов.

На первом этапе производится подготовка пиломатериала для производства оконных профилей. Деревянные оконные профили могут изготавливаться из массива или путем склеивания из нескольких отдельных брусков, которые, в свою очередь, склеиваются из нескольких (традиционно из трех слоев) толстых досок, как показано на рис.2.5.2.1. В каждом слое трехслойного бруса отдельные короткие доски сращиваются в длинные пластины – ламели при помощи шипового соединения. Склеивание элементов, как правило, осуществляется водорастворимыми (но в то же время водостойкими) клеями на основе формальдегида или поливинилацетата (ПВА).

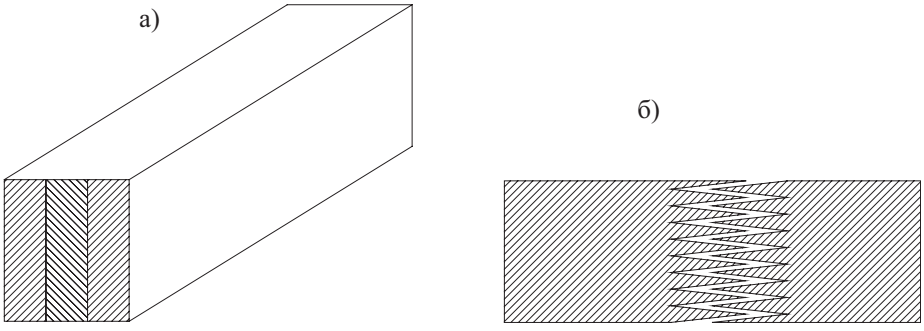


Рис. 2.5.2.1. а) – клееный трехслойный брус для производства окон; б) – соединение отдельных слоев бруса в ламели.

Такая технология позволяет во-первых, отсортировать непригодный материал, имеющий пороки, а во-вторых, – максимально использовать материал, выпиленный из наиболее ценной ядровой части древесины. Брус, склеенный из отдельных участков, не имеет сплошных протяженных волокон, а потому наименее подвержен короблению и изгибающим деформациям (описанным в предыдущем разделе); из клееного бруса можно изготавливать конструкции почти без ограничения форм и размеров. Таким образом, можно говорить о том, что ***для получения изделия высокого качества, использование клееного бруса предпочтительнее по сравнению с брусом из массива дерева.***

Для изготовления клееного погонажа берут ***хорошо просушенный пиломатериал*** хвойных пород. Это могут быть доски или разной длины. Вначале их сортируют, с тем чтобы выявить дефектные куски, то есть участки, где встречаются крупные сучки и другие пороки, которые могут отрицательно сказаться на прочности клееного материала, и далее ***разрезают*** на короткие заготовки

Получившиеся рейки подаются на шипорезный агрегат, где на их торцах ***фрезеруются*** так называемые мини-шипы – клиновидные зубцы, на которые затем автоматически ***наносится клей,*** после чего отрезки ***спрессовываются*** в ламели.

Ламели выстругивают по всей поверхности, на готовую поверхность наносят клей, после чего ламели укладывают в два или три слоя и спрессовывают. Полученный погонаж выдерживают до полного затвердевания клея, а потом гладко фрезеруют со всех сторон на четырехстороннем продольно-фрезерном станке и распиливают на куски нужной длины.

Подбор клея и его правильное нанесение – очень важные факторы производства. Полиуретановые клеи быстро затвердевают, время жизни у них короткое. Клеи на основе смол дешевле полиуретановых, однако они гораздо дольше отверждаются. Для обеспечения стабильности клееных изделий необходимо очень аккуратно и точно наносить клей на мини-шипы и пласти ламелей, чтобы он равномерно распределяется по деревянной поверхности.

На втором этапе заготовленный брус превращается в оконные профили, заданного сечения. Геометрические параметры сечения определяются проектировщиком, после чего заносятся в компьютер, под управлением которого в современных линиях полностью осуществляется весь технологический процесс.

Готовые профили с заданным сечением подвергаются специальной пропитке, повышающей стойкость древесины по отношению к огню и гнили. Из пропитанных профилей собираются оконные рамы, которые затем проходят окраску с предварительной грунтовкой или покрываются различными морилками и лаком для получения оконного блока с естественной структурой дерева.

Клееный брус, при применении его в оконных конструкциях, дает ощутимые преимущества по сравнению с деревянными профилями, изготавливаемыми из массива, однако не устраняет такого недостатка древесины как подверженность гниению.

В настоящее время разработаны технологии деревообработки, связанные с повышением устойчивости древесины к воздействию влаги и направленные на повышение долговечности и стабильности геометрических размеров.

Примером такого подхода может служить ***технология стабилизации химического состава древесины,*** которая недавно появилась на рынке и защищена товарным знаком P1ato®. Эта технология предусматривает три последовательных стадии:

1) Гидротермическая (гидролизно-термолизная) обработка – ***разогрев пиломатериала водяным паром*** при высоком давлении в автоклаве.
2) Техническая сушка – ***высушивание*** «раскрывшейся» в процессе термолиза древесины в обычных сушильных камерах.
3) Восстановление твердой формы – ***нагревание*** древесины в специальной печи при атмосферном давлении, в результате чего происходит необратимая полимеризация.

Эти процессы сопровождаются избирательной реструктуризацией нестабильных компонентов древесины. Клеточная структура древесины, а следовательно, ее механические свойства и внешний вид остаются при этом неизменными. В производстве этих, по-своему новых для рынка, изделий не используют химикаты, а сырьем служит лесоматериал из быстрорастущих мягких пород, таких как ель, сосна, тополь и береза.

Долговечность «платонизированной» древесины мягких пород оценивается в 15–25 лет, что совпадает с показателями для наиболее долговечных и ценных тропических пород.

Формоустойчивость. С изменением влажности окружающего воздуха «платонизированная» древесина дает примерно наполовину меньшие усушку и набухание, чем обычная. При относительной влажности воздуха 60–65% ее равновесная влажность всего 8% и не превысит 18%, даже если воздух будет предельно насыщен влагой. Такая устойчивость – следствие гидрофобных свойств, которые древесина приобретает в процессе термической обработки.

«Платонизация» – процесс необратимый, он охватывает весь объем древесной массы и обеспечивает ей равномерную и долговечную защиту. Отверстия от сучков или сверления, места распила или трещины – в стабилизированной древесине все это не является благоприятной средой для размножения и роста грибковых и гнилостных бактерий.

Благоприятный химический состав. При «платонизации» свойства материала улучшаются исключительно под воздействием тепла, давления и воды. Следовательно, и после гидротермической обработки древесина состоит только из естественных своих компонентов. В стабилизированном материале нет химикатов, и поэтому ему не угрожают нежелательные реакции с клеем или металлическими крепежными деталями. Отслужившие изделия из «платонизированной» древесины утилизируются как обычный лесоматериал, не подвергавшийся химической обработке.

Технологические свойства. Поскольку структура целлюлозы сохраняется, «платонизированную» древесину можно механически обрабатывать так же, как исходное сырье, то есть пилить, строгать, профилировать, склеивать. При этом следует иметь в виду, что у нового материала прочность на изгиб несколько ниже (до 10%), зато он более жесткий. И хотя гигроскопические свойства облагороженной древесины слегка ослаблены, она хорошо держит алкидные и акриловые лакокрасочные покрытия, ведь на поверхности нового материала нет экстрактивных веществ – она сухая и однородная.

Стабильность формы способствует и улучшению склеиваемости «новой» древесины, что положительно сказывается на ее конструкционных свойствах.

2.5.3. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ОКОННЫХ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ДЕРЕВА.

По сравнению со всеми описанными выше профильными системами, конструктивные решения деревянных окон отличаются большим разнообразием. ***К деревянным окнам меньше, чем ко всем перечисленным выше, применимо понятие «оконной системы», поскольку в этом случае жесткая номенклатура профилей, из которых впоследствии собираются оконные блоки, отсутствует.*** Деревянные профили достаточно редко применяются в витражных конструкциях. Вместе с тем, ***дерево является единственным оконным материалом, применимым для реставрации и замены окон в зданиях, являющимися памятниками архитектуры XVIII – XIX вв. и представляющими историческую ценность.***

Как уже отмечалось в настоящей главе, вплоть до недавнего времени дерево являлось единственным конструкционным материалом, использовавшимся в России для производства окон объектов массового строительства. В этом отношении интересно отразить конструкцию окон, применявшихся в Советском Союзе в период индустриального строительства с 1960 по 1989 гг.

В жилых и общественных зданиях, построенных в этот период, как правило устанавливались деревянные окна, конструктивные варианты которых представлены на рис. 2.5.3.1.

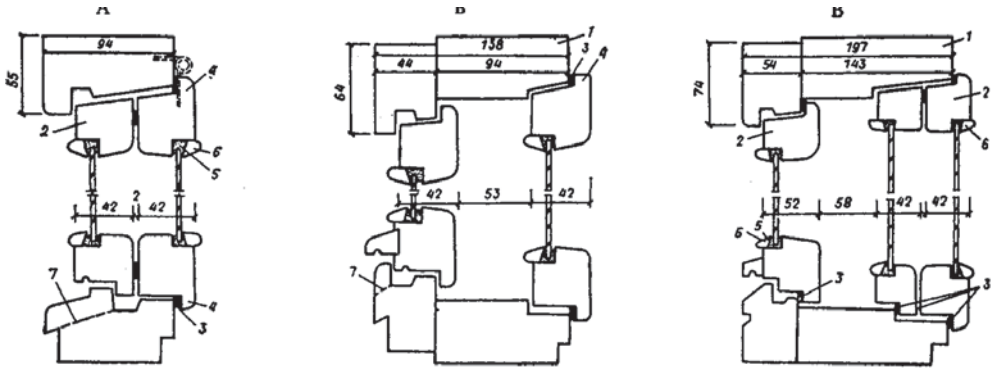


Рис. 2.5.3.1. Конструктивные варианты российских деревянных оконных блоков периода 1960 – 1989 гг.:

а) двухслойное окно со спаренными переплетами; б) двухслойное окно с раздельными переплетами; в) трехслойное окно со спаренными переплетами внутри коробки

Конструктивные варианты деревянных оконных блоков выбирались в соответствии с разницей температур наружного воздуха наиболее холодной пятидневки и температурой внутри помещения в соответствии со значением требуемого сопротивления теплопередаче окон и балконных дверей – $\mathbf{R_0^{тр}}$, как это представлено в табл. 2.5.3.1 и табл. 2.5.3.2.

Все окна изготавливались из массива дерева. Размеры оконных блоков, выпускавшихся деревообрабатывающими комбинатами, были стандартизованы и принимались в соответствии с принятой в строительстве Единой Модульной Системой (ЕМС), кратными укрупненному модулю 3М = 300 мм или 1.5М. Таблица стандартных размеров деревянных оконных блоков приведена на рис. 2.5.3.2.

Табл. 2.5.3.1

Требуемое сопротивление теплопередаче для окон периода 1960 – 1989 гг.

Здание	Разность температур, °С	Сопротивление теплопередаче, $R_0^{тр}$ (м³•°С)/ккал
Жилые дома	до 25	0,2
	от 25 до 44	0,4
	от 44 до 49	0,44
	свыше 49	0,6

Табл. 2.5.3.2

Сопротивление теплопередаче заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей).

N п/п	Заполнение светового проема	Сопротивление теплопередаче, $R_0^{тр}$ (м³•°С)/ккал
1	Одинарное остекление в деревянных переплетах	**0,20**
2	Двойное остекление в деревянных спаренных переплетах-	**0,40**
3	Двойное остекление в деревянных раздельных переплетах	**0,44**
4	Тройное остекление в деревянных переплетах (спаренный и одинарный)	**0,60**

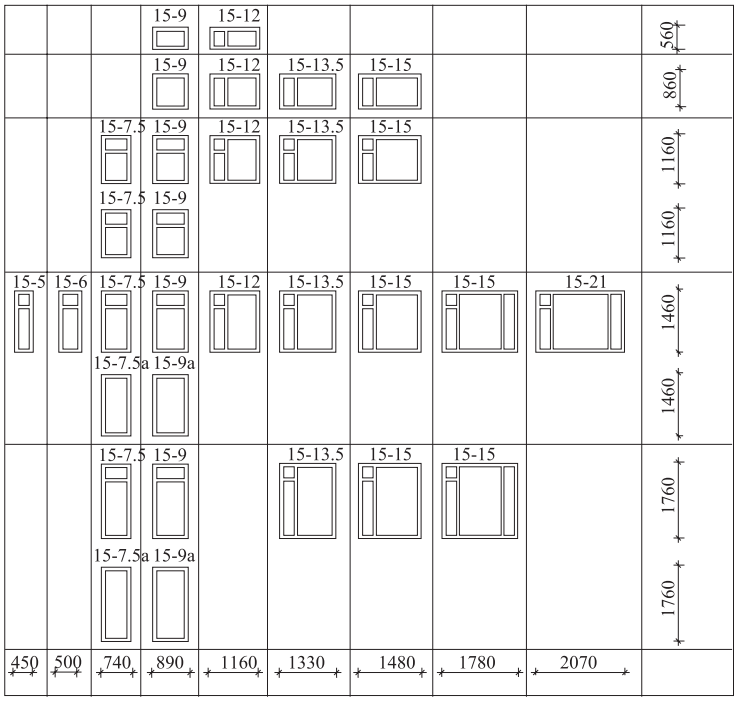


Рис. 2.5.3.2. Стандартные размеры деревянных оконных блоков для жилых зданий.

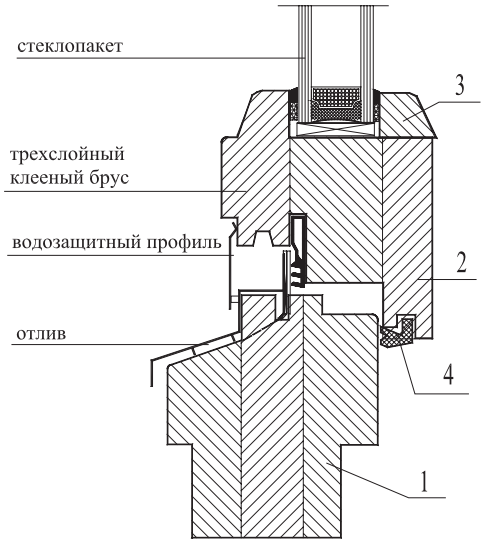


Рис. 2.5.3.3. Элементы деревянного «евроокна».

1 – коробка (рама) , 2 – створка, 3 – штапик, 4 – уплотнитель

Современные деревянные окна имеют ряд принципиальных отличий от традиционных российских окон, применявшихся в массовом строительстве до начала экономических реформ. В оконном профиле, изготавливаемом, как правило, из клееного бруса, фрезеруется европаз для контурного механизма фурнитуры, а также опорный фальц, имеющей ширину, достаточную для установки стеклопакета. Геометрия притворов деревянного профиля конструируется в соответствии с требованиями производителей систем фурнитуры.

Современные деревянные окна характеризуются развитой системой уплотнений и отвода атмосферной влаги; характерной чертой является внутреннее расположение штапика (по аналогии с ПВХ-системами).

На рис. 2.5.3.3 показана конструкция так называемого «евроокна» – деревянного окнами с одинарным переплетом, толщиной 65-70 мм и металлическим отливом из алюминия. Окна такой конструкции в настоящее время нашли наибольшее применение на российском рынке.

2.5.4. ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ

В настоящей главе были рассмотрены конструктивные особенности окон, переплеты которых выполнены из различных материалов. Физико-химические свойства материала, а также технологические особенности его переработки определяют конструкцию оконных профилей и область их применения в зданиях различного назначения.

По совокупности требований, предъявляемых к оконным конструкциям (доступность исходного сырья и простота обработки; химическая стойкость и удобство обслуживания; хорошие теплотехнические показатели), окна из ПВХ являются наиболее перспективной технологией с точки зрения массового строительства.

Применение окон из ПВХ в массовом строительстве вместо традиционных деревянных является огромным резервом для экономии природных ресурсов. Ведь несмотря на то, что лесные ресурсы России являются богатейшими в мире – они не являются вместе с тем безграничными, и восполняются при утрате на протяжении десятилетий.

Деревянные окна, трудоемкость производства которых несопоставимо по затратам с ПВХ-окнами, могут быть рассмотрены как своего рода элитное направление, ориентированное на индивидуальное строительство, реставрацию старых зданий и другие строительные задачи со специальными требованиями к окнам.

Перспективным в этом отношении можно считать применение комбинированных дерево-алюминиевых окон, сочетающих в себе теплоту дерева изнутри и защитные свойства алюминия – снаружи.

ГЛАВА 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СТЕКЛА И СТЕКЛОПАКЕТЫ.

3.1. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СТЕКЛА. КЛАССИФИКАЦИЯ. ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ОБРАБОТКИ.

Стекло является важнейшим искусственным материалом, прочно вошедшим в быт, культуру и технику людей всего мира. История применения стекла в строительстве сравнительно молода и берет свой отсчет с конца прошлого столетия, несмотря на то, что стекло как конструкционный материал известно человечеству с древнейших времен.

Самые древние образцы стеклянных изделий обнаружены в Египте. Речь идет о зеленой глазури, возраст которой оценивается приблизительно в 12 тыс. лет; из нее был изготовлен (приблизительно в 7000 г. до н. э.) голубой амулет – древнейшее из найденных до сих пор стекол.

В Ашмолейском музее в Оксфорде находятся черная стеклянная буса и кусочек фаянса бирюзового цвета времен первой династии египетских фараонов, правившей в 4000 г. до н. э. Предполагают также, что стекло начали изготовлять не египтяне, а ассирийцы, которые экспортировали свои изделия в Египет. Однако находки стекла в Ассирии, близ Тель Асмера, расположенного северо-западнее Багдада, относятся к 2700 – 2600 гг. до н. э.; следовательно, они значительно моложе египетских.

Сосуды из глины и фарфора с цветной стекломозаикой периода с 1766 по 1122 г. до н. э. обнаружены в Китае. Однако, Китаем не ограничивается развитие производства стекла на Дальнем Востоке – изделия из стекла, возраст которых относится к 2000 г. до н. э., найдены в Индии, Корее и Японии.

Приблизительно около 250 лет до н. э. произошло открытие первого стекольного завода в Александрии. А приблизительно на рубеже новой эры была изобретена стеклодувная трубка. В летописных источниках в связи с этим упоминается город Сидон* в 50 году до нашей эры. Спустя некоторое время, из готового стекла, используя метод выдувания, научились делать длинные стеклянные цилиндры, которые «раскрывали» и выпрямляли, получая плоский лист. Этот способ использовали вплоть до 1900-х годов для изготовления художественного стекла.

- Сидон – древний город-государство в Финикии на восточном побережье Средиземного моря. Современное название – г. Сайда (Ливан). Основан в четвертом тысячелетии до н.э. Во втором тысячелетии до н.э. – крупный центр международной торговли.

Римляне познакомились с производством стекла благодаря завоеванию Египта. Ко временам Римской империи относятся и древнейшие письменные упоминания о стекле. Они принадлежат Плинию Младшему (77 г. н. э), который в одной из своих книг описывает стекло и его производство.

Из Рима стеклоделие стало распространяться в Галлию, Британию и Германию. В конце I столетия н. э. стекло уже производилось в Кельне и Трире. С распадом Римской империи приходит в упадок и искусство изготовления стекла.

В XIII в. на острове Мурано, около Венеции, вновь расцветает стекольная промышленность. В конце средневековья производство стекла широко развивается в Германии. В 1688 г. француз Лука де Негу изобрел способ изготовления и шлифования больших

зеркальных стекол. К этому времени следует относить и появление первых оконных стекол, бывших в то время большой редкостью.

Основоположником стеклоделия в России является М.В. Ломоносов. Им было впервые осуществлено опробование ряда окислов как стеклообразующих компонентов. С момента организации первой научной химической лаборатории в России (1748 г.) М.В. Ломоносов вел весьма интенсивную исследовательскую работу по химии и технологии стекла.

Массовое производство стекла стало возможным только в конце прошлого столетия благодаря изобретению печи Сименса-Мартина и заводскому производству соды. В XIX в. появились первые машины-автоматы для изготовления изделий из полого стекла. И только в XX в. были разработаны различные способы вытягивания бесконечной ленты стекла: методы машинной вытяжки стекла Либби-Оуэнса, Фурко (рис. 3.1.1.1), Питтсбурга.

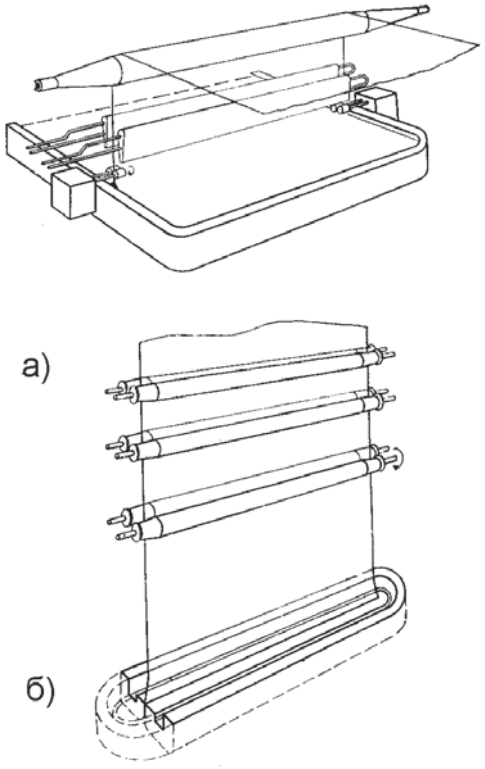


Рис. 3.1.1.1 Схема вытягивания стекла способами Либби-Оуэнса (а) и Фурко (б)

По способу Эмиля Фурко, разработанному в 1902 году, стекло вытягивалось по вертикали из стекловаренной печи через прокатные вальцы в виде непрерывной ленты наружу, поступая в шахту охлаждения, в верхней части которой оно резалось на отдельные листы. Толщина стекла при этом регулировалась путем изменения скорости вытягивания.

Этот метод находит применение вплоть до настоящего времени. Стекло, получаемое этим методом, называется ***тянутым стеклом.*** Для изготовления витринных и зеркальных стекол тянутое и прокатное листовое стекло подвергают шлифовке и полировке.

Самым последним этапом в производстве листового стекла был так называемый ***флоат – метод,*** разработанный и запатентованный в 1959 году английским изобретателем Аластером Пилкингтоном. При этом процессе стекло поступает из печи плавления в горизонтальной плоскости в виде плоской ленты через ванну с расплавленным оловом на дальнейшие охлаждение и отжиг. Огромным преимуществом флоат – метода, по сравнению со всеми предыдущими, является, кроме всего прочего, более высокая производительность, стабильная толщина и качество поверхности. По качеству поверхности такое стекло не уступает полированному, – флоат-процесс вытесняет технику шлифовки и полировки стекла.

Флоат – стекло характеризуется исключительной ровностью и отсутствием оптических дефектов. Получаемое стекло может быть прозрачным, окрашенным или иметь специально нанесенное покрытие. Стекло, получаемое при помощи флоат-метода, называется ***флоат-стеклом,*** и в настоящее время является наиболее распространенным типом стекла. Схема производства флоат-стекла показана на рис. 3.1.1.2.

Схема производства стекла флоат - методом

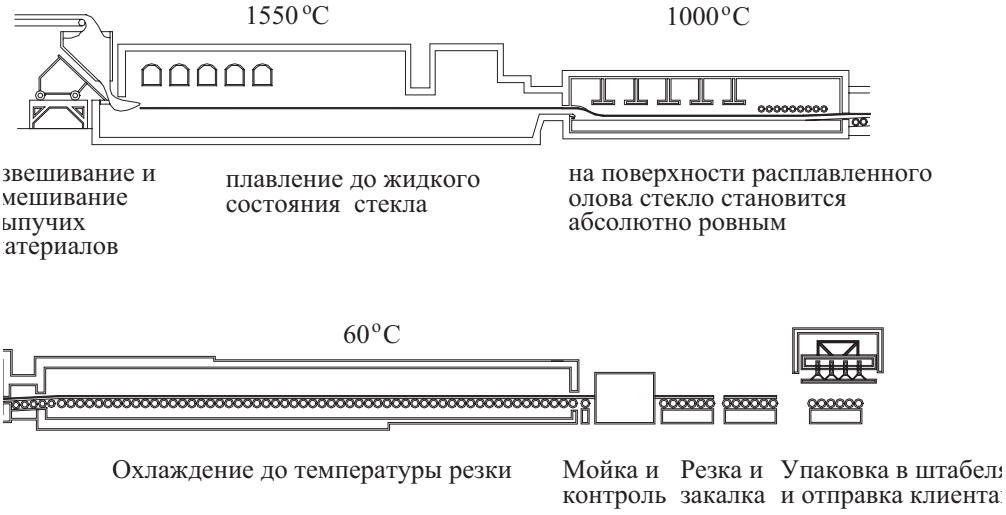


Рис. 3.1.1.2. Схема производства флоат-стекла.

По этой технологии расплавленная стекломасса попадает во флоат-ванну на поверхность расплавленного олова, где лента стекла формируется посредством растекания на поверхности олова. С одного конца флоат-ванны до другого температура стекла опускается с 1100 °С до 600 °С. С обеих сторон флоат-ванны находится специальный роликовый механизм, позволяющий при помощи регулировки скорости и угла поворота получать заданную толщину ленты стекла. Стекло поступает из флоат-ванны в виде непрерывной ленты. По роликовому конвейеру оно поступает в печь отжига*, где происходит постепенное охлаждение стекла до температуры окружающей среды. В таком состоянии стекло готово к резке в листы размером 6х3,21 м (3210х6000 мм).

- В процессе производства стекла, при отклонении в технологическом цикле остывания, в объеме стекла могут возникать внутренние напряжения, которые снижают его прочностные характеристики. Для снятия этих напряжений стекло подвергают дополнительному нагреву и медленному охлаждению. Такой процесс называется отжигом.

Обычно флоат-стекло производится толщиной от 3 до 19 мм. При этом технология позволяет получать листовое флоат-стекло с толщиной от менее 1 мм до 25 мм. Толщина стекла определяется скоростью перемещения стеклянной ленты и скоростью подачи потока стекломассы на расплав олова в ванне, а также натяжением стеклянной ленты (для листов тоньше 6 мм) или сжатием ее (для листов толще 6 мм) по их краям в зоне флоат-ванны. Линия по производству флоат-стекла работает в безостановочном режиме 24 часа в сутки в течение всего года.

3.1.2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СТРУКТУРА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА.

Современное строительное силикатное стекло – это стекло, получаемое из природных материалов: кварцевого песка, извести, доломита, полевого шпата или синтетических веществ соды и различных сульфатов и значительного количества стеклобоя. Типичный химический состав флоат-стекла приведен в табл. 3.1.2.1.

табл. 3.1.2.1

Химический состав строительного стекла

Составляющая	Химическая формула	Массовая доля, %
Окись кремния	SiO_2	72,8
Окись кальция	CaO	8,6
Окись натрия	Na_2O	13,8
Окись магния	MgO	3,6
Окись алюминия	Al_2O_3	0,7

С точки зрения структуры, стекло представляет собой неорганический плавящийся продукт, который охлаждается и затвердевает без ощутимой кристаллизации. Структурный порядок молекул различных веществ, образующих стекло, не имеет ярко выраженной кристаллической решетки, как у металлов, а формирует иррегулярную сеть, аналогичную жидкости (рис. 3.1.2.1.), хотя стекло является твердым веществом при нормальных условиях. Согласно определению инженеров Американского общества испытаний и материалов (ASTM), «стекло – переохлажденная замороженная жидкость».

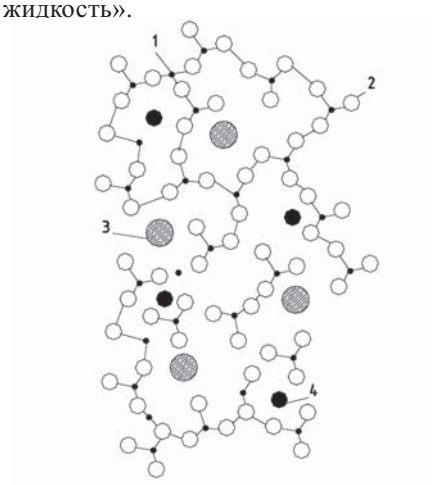


Рис. 3.1.2.1. Структура стекла:1 – кремний (Si); 2 – кислород (O2);3 – натрий (Na); 4 – кальций (Ca).

Специфическая структура стекла определяет температуру его плавления. В отличие от кристаллических веществ, стекло не имеет определенных температур плавления. Важной характеристикой стекла является ***температура размягчения Tg*** (при которой материал начинает размягчаться). Для типичных листовых стекол эта температура находится в интервале от 550 °C до 600 °C.

При производстве стекла в состав стекломассы вводятся добавки, которые могут присутствовать в конечном продукте. По характеру влияния на конечные свойства стекла добавки могут быть разделены на несколько групп.

Группа 1. Основные технологические добавки (флюсы).

Процесс плавления стекла требует поддержания высокой температуры, что влечет за собой значительные энергетические затраты. Поскольку температура плавления оксида кремния (SiO_2), являющегося главным сырьевым компонентом стекла, находится вблизи

значения 1700 °С, в стеклошихту вводятся добавки, уменьшающие вязкость в состоянии расплава, и, соответственно, понижающие температуру плавления и переработки. Эти добавки называются ***флюсами*** и включают в себя:

- окись натрия Na_2O;
- окись калия K_2O^*;
- окись бора B_2O;
- стеклобой (осколки стекла).

- Окись калия также повышает химическую стойкость стекла.

Группа 2. Плавящие и рафинирующие добавки.

Производство бездефектного стекла нуждается в добавках, гарантирующих его ***однородность,*** что, прежде всего, предполагает исключение микропузырьков газа. К числу таких веществ относятся:

- сульфат натрия Na_2SO_4 (глауберова соль);
- нитрат натрия $NaNO_3$;
- хлорид натрия NaCl(поваренная соль);
- окись мышьяка AsO_3;
- фторид кальция CaF_2;
- углерод С.

Группа 3. Добавки, предотвращающие кристаллизацию.

Кристаллические включения («камни») в стекломассе являются самыми опасными ее пороками. Они представляют собой кристаллы различных соединений, разнообразных форм и размеров, вкрапленных в стекло и нарушающих его однородность. Кристаллические включения в стекломассе недопустимы. Они портят внешний вид, ухудшают оптическую однородность, резко снижают механическую прочность и термическую устойчивость, т. к. являются центрами локальных внутренних напряжений. Кристаллические включения бывают самых разных размеров, форм и цвета: от мельчайших кристалликов, до крупных сферолитов диаметром в несколько сантиметров. Часто кристаллические включения в стекле сопровождаются свилями, т. к. кристаллы, постепенно растворяясь в стекле, изменяют вокруг себя его состав. Бывают случаи, когда кристалл под действием высокой температуры расплавляется, но не растворяется в окружающем стекле. Тогда получается так называемый «узелок» – стекловидная капля в стекле, дающая начало свили.

В целях подавления кристаллообразования используется окись алюминия ($Al2O_3$), которая увеличивает вязкость расплава стекла при его охлаждении.

Группа 4. Стабилизаторы.

Эти добавки улучшают химическую стойкость стекла. К их числу относятся:

- окись кальция CaO;
- окись алюминия Al_2O_3;
- окись магния MgO;
- окись цинка ZnO;
- окись бора B_2O_3.

Группа 5. Онализеры.

Эти добавки обеспечивают способность стекла пропускать неискаженный недиффузный свет, и при своем добавлении формируют опаловое просвечивающее стекло. К их числу относится фторид кальция CaF_2 (добавляется для получения опалового стекла на основе натриевого); и фосфат кальция CaP, который вводится в боросиликатное стекло.

Группа 6. Цветовые добавки.

Архитектура ряда объектов, преимущественно общественных зданий, требует определенных цветовых решений остекления. Добавки, придающие стеклу определенный цвет, могут быть классифицированы следующим образом:

Добавка	Цвет
Окись хрома	Зеленый
Окись кобальта	Синий
Окислы меди	Красный, голубой
Окислы железа	Сине-зеленый, коричневый
Селен	Розовый
Окись урана	Желтый
Окись никеля	Серо-коричневый, желтый, зеленый, сине-фиолетовый

Наиболее часто из окрашенных стекол используют серое, бронзовое или зеленое. Окислы железа добавляются для придания стеклу зеленого цвета, сочетание железа с никелем и кобальтом обеспечивает получение серого стекла, а при добавлении железа в смеси с селеном получается бронзовое стекло.

Химическая стойкость

Листовое стекло представляет собой инертный в химическом отношении материал, и потому абсолютно безвредно (экологически безопасно) для окружающей среды. В обычных климатических условиях все типы листового стекла являются долговечными и устойчивыми к воздействию большинства химических реактивов.

Наибольшую опасность для стекла, с точки зрения коррозии, представляет гидроокись натрия – NaOH, которая образуется в процессе гидролиза в пленке воды на поверхности стекла. В результате этого процесса, часто называемого ***«выщелачиванием»,*** на поверхности стекла образуются неустранимые матовые пятна.

В нормальных эксплуатационных условиях выщелачивание стекла, как правило, не происходит, вследствие протекания естественных природных процессов. Начальная стадия коррозии наружной поверхности стекла начинает развиваться сразу же после монтажа оконного блока, под влиянием атмосферной влаги (дождь, снег, конденсат). Однако, образующаяся при этом гидроокись натрия постоянно растворяется и удаляется в результате непрерывного обновления водяной пленки. В результате на поверхности стекла образуется защитная пленка в виде геля кремневой кислоты, и формирование коррозийного слоя останавливается. Вместе с тем, вероятность возникновения коррозии стекла, вследствие избыточного увлажнения, достаточно высока при его транспортировке и хранении, в случае, если влажный воздух проникает по краям в межлистовое пространство плотно упакованных стекол.

3.1.3. СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ЛИСТОВОГО СТЕКЛА.

Кроме обычных прозрачных стекол в строительстве применяются специальные стекла – ***стекла, окрашенные в массе, и стекла со специальными покрытиями, называемые общим термином «низкоэмиссионные стекла».***

Окрашенное в массе стекло изготавливается из сырьевых материалов, в которые добавляются различные вещества для получения желаемого цвета. Наиболее распространенными являются цвета – промежуточный между бронзовым и коричневым, серый и зеленый. При этом можно изготавливать стекла и других цветов. Окрашенные в массе стекла известны также как солнцезащитные или абсорбирующие стекла, поскольку такие стекла поглощают (абсорбируют), сами по себе, больше солнечной тепловой энергии и света, чем обычные прозрачные.

Применение ***низкоэмиссионных стекол*** в конструкциях оконного и фасадного остекления позволяет решить широкий спектр архитектурно-строительных задач и является одним из наиболее перспективных направлений в мировой стекольной индустрии.

Определяющей идеей в низкоэмиссионных технологиях является напыление на поверхность флоат-стекла проводящего покрытия из цветных металлов или полупроводниковых оксидов, содержащего свободные электроны. За счет электропроводимости и явлений интерференции, вызванных наличием в покрытии свободных электронов, могут быть получены стекла, предназначенные для выполнения следующих функций:

– сокращение потерь тепла помещением за счет отражения тепловых волн в инфракрасном диапазоне;
– отражение солнечной радиации;
– защита помещений от электромагнитного излучения и радиоволн;
– отражение излучения в видимом диапазоне;

Напыление может наноситься как на прозрачные стекла, так и на стекла, окрашенные в массе, при этом возможно получение таких специфических конструкций как электрообогреваемые стекла или «антистатические» стекла (защищенные от накопления статического электричества).

В зависимости от функционального назначения проектируемого остекления, в нем могут быть применены два типа покрытия, принципиально различающиеся по технологии нанесения.

1. ***«Твердое покрытие»*** («Hard coatinq» – англ.) на основе оксида олова SnO_2: F, называемое иначе «полупроводниковым покрытием». Стекла с таким покрытием, как правило, обозначаются в специальной литературе термином « k – стекло».

Твердое покрытие наносится непосредственно на одной из стадий производства флоат-стекла (так называемая технология ***«on-line»*** – англ. «на линии») за счет химической реакции пиролиза (разложения вещества под действием высоких температур). Во время этой реакции слой оксида олова оседает на поверхность горячего стекла, становясь неотделимой его частью. При этом образуется крепкое и прочное металлическое покрытие, обладающее химической, механической и термической стойкостью, равноценной стеклу без покрытия. Твердые покрытия устойчивы к воздействию погодных условий и выдерживают воздействия температур до 620 °С.

2. ***«Мягкое покрытие»*** («Soft coating» – англ.) на основе серебра – Ag, обозначаемое в литературных источниках как « i – стекло».

Наносится на готовое флоат-стекло (технология ***«off-line»*** – англ. «вне линии») и удерживается на нем силами молекулярного взаимодействия. Состоит из нескольких тонких слоев, выбор которых зависит от требуемых характеристик остекления – излучательной способности, светопропускания, а также оптических свойств – удаления нежелательного отражения.

В отличие от «твердых» покрытий, «мягкие» ограниченно устойчивы по отношению к погодным и температурным воздействиям. Однако, при установке в стеклопакете – покрытием в сторону воздушной камеры, имеют долговечность, сопоставимую с «твердыми» покрытиями.

Принципиальный состав слоев «твердого» и «мягкого» покрытий приведен на рис.3.1.3.1.

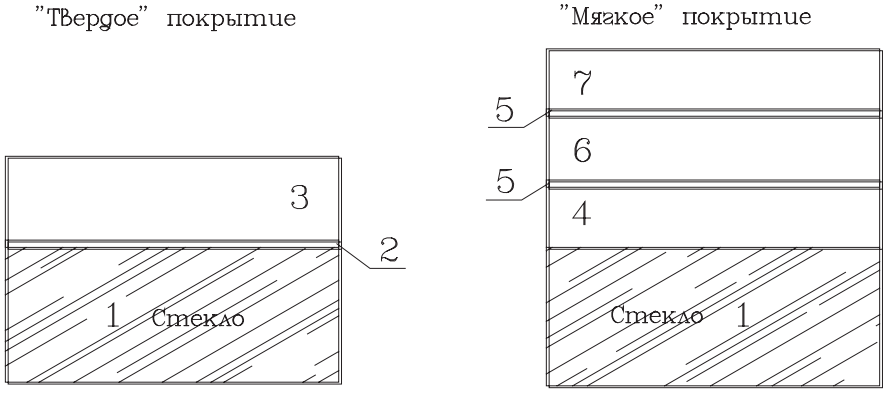


Рис. 3.1.3.1. Состав слоев низкоэмиссионных покрытий.

а) «мягкое» покрытие; б) «твердое» покрытие

1 – флоат-стекло; 2 – слой Na+, блокирующий диффузию; 3 – слой оксида олова SnO2: F; 4 – адгезионный слой; 5 – блокирующие (фиксирующие) слои; 6 – слой серебра; 7 – покрывающий слой.

При использовании стекла в светопрозрачных конструкциях с повышенными требованиями к безопасности (стеклянные крыши, наклонные остекленные плоскости фасадов и т.п.) применяют ***закаленные или многослойные стекла.***

Закалкой называют процесс термоупрочнения стекла, основанный на специфике его физических свойств. Как уже отмечалось, на температурной шкале стекло не имеет определенной точки затвердевания, при которой оно переходило бы из жидкого состояния в твердое. Поэтому его можно нагревать до температуры чуть выше той, при которой молекулы, как в вязкой жидкости, еще способны к пластическому сдвигу без появления внутренних напряжений. Если стекло нагреть так, чтобы весь его объем имел одинаковую температуру (чуть выше 570 °С), а затем быстро охладить, то поверхность его затвердеет, в то время как внутренний слой еще останется пластичным. При дальнейшем постепенном охлаждении затвердеет и внутренняя часть. Однако, она не сможет сжиматься с такой же силой, как до закалки, поскольку внешние, уже затвердевшие слои стекла не смогут теперь деформироваться без возникновения напряжений.

Таким образом, в результате термической обработки, которая заключается в нагревании стекла до температуры закалки и последующем быстром охлаждении, наружные слои его приходят в состояние сильного сжатия, а внутренние – в состояние растяжения. В результате ***в закаленном стекле обеспечивается высокая механическая и термическая прочность по сравнению с обычным стеклом, которое может воспринимать только небольшие растягивающие усилия.***

При разрушении закаленное стекло распадается на мелкие округленной формы осколки, которые не имеют острых режущих граней.

Многослойное строительное стекло может состоять из нескольких слоев одинаковых или разных по толщине и типу стекол, соединенных между собой при помощи промежуточного склеивающего слоя из поливинилбутеральной пленки или специального жидкообразного клеящего материала – смолы. Соединяемые стекла могут быть прямыми или изогнутыми (моллированными). Толщина полученного многослойного стекла зависит от количества стекол и их толщины, а также от толщины склеивающих слоев.

Соединение отдельных стекол в многослойную конструкцию может осуществляться двумя способами: методом ***«пленочного ламинирования»*** и методом ***«жидкостного ламинирования»****.

- Под общим термином ламинирование в промышленности понимают наклеивание пленки на поверхность какого-либо изделия с целью повышения его эстетических, прочностных или других потребительских качеств.
  В специализированной литературе по оконной тематике достаточно часто можно встретить термин, «ламинированное стекло», применяемый к стеклу многослойному.

В основе ***пленочного ламинирования*** лежит принцип соединения пленки и стекол, предварительно вырезанных по заданному размеру. Отрезанные стекла моются, после чего выполняется операция сборки элемента, если нужно получить прямое стекло. Между заготовками стекол помещается пленка, толщина которой обычно равна 0.38 мм или 0.76 мм. Цветовую гамму ламинированных стекол можно расширить за счет использования как стекол различного цвета, так и различного цвета пленок, используемых для ламинирования. Процесс ламинации является двухстадийным. После операции сборки следует операция предварительного ламинирования – стеклянные элементы подвергаются сжатию, так называемой «холодной правке» в роликовой правильной машине. После этого элемент нагревают до температуры 80 – 90 °С. Эту окончательную стадию операции ламинирования называют «горячей правкой».

Стекла, полученные методом ***жидкостного ламинирования,*** отличаются от стекол, заламинированных при помощи пленки, как самим способом производства, так и свойствами, которые приобретает готовое изделие. Среди особенностей, отличающих стекла, полученные жидкостным ламинированием, можно отметить следующие:

- одно или оба стекла могут иметь шероховатую поверхность;
- можно использовать низкоэмиссионные стекла с покрытием, тогда как горячее ламинирование с помощью пленки может испортить покрытие;
- можно использовать очень толстые стекла

Многослойные стекла, полученные с помощью обычного жидкостного ламинирования, мало отличаются с точки зрения пропускания видимого света от обыкновенного

прозрачного стекла. За счет добавления пигментов в ламинирующую жидкость можно изготавливать цветные жидкостноламинированные стекла. "Цветной эффект" можно усилить путем совместного использования окрашенных жидкостей для ламинирования со стеклами с зеркальной поверхностью.

Основным достоинством ламинированных многослойных конструкций из стекла является безопасность при разрушении. Поскольку при разрушении осколки стекла остаются «висеть» на эластичной пленке, не возникает опасности образования осколков стекла, способных нанести травму. При помощи ламинирования можно изготавливать конструкции, которые могут служить в качестве стекол, защищающих от взлома и взрывной волны, а также пуленепробиваемых, ударопрочных и огнезащитных стекол. Ламинированные стекла хорошо защищают также и от УФ излучения. При этом ***необходимо отметить, что ламинирование (в отличие от закалки) не увеличивает механическую прочность.***

При необходимости получения выразительных архитектурных решений стекло может быть подвергнуто ***молированию*** – изгибу. Молирование стекол производят в нагревательных камерах или печах с использованием специальных форм для придания нужной конфигурации. Перед молированием стекло вырезают в соответствии с задаваемой формой.

Для строительства, как правило, требуется производить гнутые стекла маленькими и кратковременно выпускаемыми сериями. Изготовление молированных стекол является сложной операцией и предполагает наличие у производителя особых знаний и навыков. Учитывая требования, предъявляемые к промышленному производству и к качеству готового продукта, в производстве гнутых стекол для нужд строительной промышленности используется так называемая техника формования на оболочках – стекло нагревают и гнут в специальных печах. Стекло при нагревании изгибается на поверхности специально изготовленной стальной формы, принимая желаемую форму. При производстве гнутого стекла стекло охлаждают таким образом, чтобы в готовом изделии было как можно меньше напряжений. Минимальный радиус изгибания стекла определяют в соответствии с толщиной стекла (рис. 3.1.3.2), при этом размеры стекла, со своей стороны, зависят от производственного оборудования, имеющегося у изготовителя, и факторов, зависящих от формы конструкции.

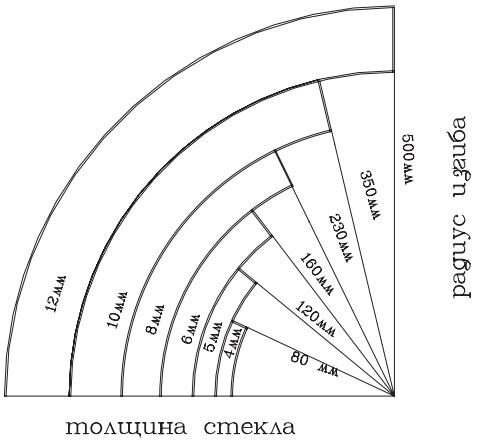


Рис. 3.1.3.2. Зависимость минимального радиуса изгиба от толщины стекла.

3.2. ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СТЕКЛА. НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ. РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ. ДОПУСТИМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ИЗГИБЕ.

3.2.1. ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТЕКЛА.

Прочностные свойства стекла, важные для выявления возможностей его применения как строительного материала, приведены в табл. 3.2.1.1. Для сравнения, в этой же таблице приведены характеристики конструкционной стали и алюминия.

Табл. 3.2.1.1

Механические свойства листового стекла, стали и алюминия

Свойство, единица измерения	**Флоат-стекло**	**Стекло закаленное**	**Сталь**	**Алюминий**
Плотность, г/см^3	2,5	2,5	7,8	2,7
Предел прочности при растяжении, Н/мм^2	30-100	50-150	360-510	89-107,5
Предел прочности при сжатии, Н/мм^2	700-900	700-900	144-204	29-78
Предел прочности при изгибе, Н/мм^2	15-40	120-150	–	–
Модуль упругости, Н/мм^2	7,3 • 104	7 • 104	2,7 • 104	7 • 104
Стойкость к абразивному воздействию (царапанию) по шкале Мооса*	5-6	5-6	3,5-4,5	N/A
Стойкость по Бринеллю*, 107 Н/м^2	N/A	N/A	128-372	50-100

Примечания:

* Шкала Мооса – сравнительная шкала стойкости к царапанию различных минералов, в которой стойкость алмаза равна 10. При сравнении двух объектов с различными значениями по шкале Мооса царапающим будет тот, у которого это значение больше.

* Стойкость по Бринеллю – отношение силы давления к площади следа, оставляемым алмазным керном определенной формы в испытуемом материале.

Из табл. 3.2.1.1 видно, что по ряду параметров прочностные характеристики листового стекла сопоставимы с такими конструкционными материалами как алюминий и сталь. Таким образом, можно говорить о том, что листовое стекло хорошо работает под действием равномерно распределенных нагрузок. Вместе с тем, оно мгновенно разрушается под действием сосредоточенной нагрузки, вызывающей концентрацию локальных напряжений изгиба. Таким образом, ***листовое стекло является твердым, прочным, но хрупким материалом.***

3.2.2. ДОПУСТИМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ИЗГИБЕ.

Как видно из табл. 3.2.2.1, стекло имеет высокую прочность на сжатие, и значительно меньшую на растяжение и изгиб. Поэтому для расчета ***несущей способности конс-***

трукций из стекла необходимо знать величину допустимых напряжений при изгибе, которая для стекла не является постоянной, как у многих других материалов, а изменяется по величине в зависимости от следующих факторов:

- длительности действия нагрузки;
- схемы опирания стекла: по контуру с 4-х сторон, или с 2-х (3-х) сторон;
- жесткости закрепления его на опоре;
- соотношения длины и ширины стекла.

Учитывая особые свойства стекла при расчете на прочность, нагрузки по характеру подразделяются не только по длительности действия, но и на эксплуатационные и разрушающие. К **эксплуатационным** относятся: ветровая и снеговая нагрузки, нагрузки от скопления людей и собственного веса. К **разрушающим** относятся температурные и ударные – нагрузки, вызванные различными ударами или взрывной (ударной) волной.

Стекло, испытавшее эксплуатационную нагрузку в течение длительного времени, обладает значительно более низкой несущей способностью по сравнению со вновь установленным стеклом. Так при расчете на кратковременные нагрузки, к которым можно отнести ветровые, величина допустимых напряжений при изгибе стекла может быть принята равной 60 – 70 мПа. А при длительных нагрузках, к которым можно отнести собственный вес, это значение следует принимать равным приблизительно 30 мПа.

Величина допустимого напряжения может быть выбрана из таблиц или графиков в соответствии с рис. 3.2.2.1 [10] в зависимости от вида нагрузки, способа крепления и соотношения сторон.

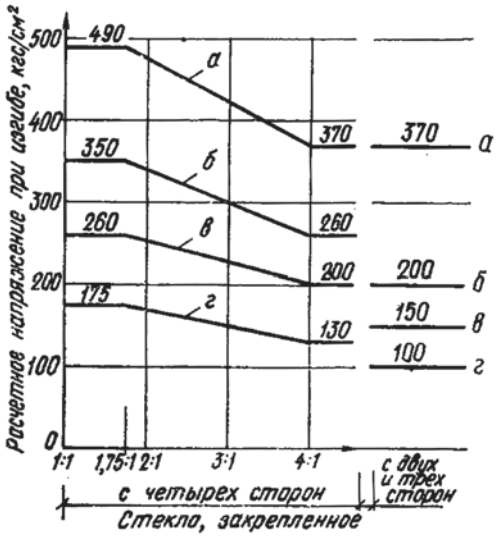


Рис. 3.2.2.1. Допустимые напряжения при изгибе, принимаемые в расчетах:

А) – закаленного стекла; б) – обычного оконного стекла при действии ветровой нагрузки; в) – оконного стекла при действии ветровой и снеговой нагрузки, нагрузки от скопления людей и собственного веса; г) – обычного оконного стекла, установленного в фонарях (или кровлях) при действии снеговой нагрузки, от собственного веса и от скопления людей

Из рис. 3.2.2.1 хорошо видно, что на несущую способность стекла оказывают влияние такие факторы как способ его крепления и соотношение сторон (при четырехстороннем закреплении).

Допустимые напряжения при изгибе могут быть также определены на основе расчетных напряжений в момент разрушения с учетом коэффициента запаса прочности, величина которого зависит от вида нагрузки, способа закрепления стекла и соотношения сторон. На основании значений разрушающей нагрузки, задаваемой опытным путем (до момента, когда 95 % стекол выдерживают ее), рассчитываются напряжения в момент

разрушения. В табл. 3.2.2.1 приведены значения допустимых напряжений при изгибе и коэффициентов запаса прочности для обычных, многослойных и закаленных стекол.

В качестве ориентировочной величины при предварительных расчетах возможно принимать допустимые напряжения при изгибе стекла $\sigma_{доп}$=25 МПа. Коэффициент запаса прочности выбирается на основании функционального назначения здания, с учетом эксплуатационных факторов неопределенности и риска. Запас прочности закаленных стекол, как правило, принимается ниже, чем у обычных.

Табл. 3.2.

Допустимые расчетные напряжения при изгибе для стекла при различных значениях запаса прочности.
(По данным Инженерного бюро Аулис Бертин – Финляндия)

Коэффициент Условий работы	**Допустимое расчетное напряжение при изгибе, МПа**	
	многослойное / обычное стекло	**Закаленное стекло**
1. 0	75	175
1. 5	50	117
2. 0	38	88
2. 5	30	70
3. 0	25	58
5. 0	15	35
10. 0	8	18

3.2.3. РАСЧЕТ СТЕКЛЯННЫХ ПЛАСТИН НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ НАГРУЗКИ ИЗ УСЛОВИЙ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ.

С точки зрения теории упругости стекло, представляет из себя тонкую плоскую пластину. Линейная теория расчета пластин исходит из того, что их прогиб не превышает толщины. При расчете стекол, которые прогибаются незначительно, используют дифференциальное уравнение, которое в литературу о стекле вошло под названием формулы Баха. Его решение для расчета оконных стекол на ветровую нагрузку не представляет особой трудности.

Однако прогиб больших оконных стекол под нагрузкой может быть в несколько раз больше их толщины. При этом плоская пластина превращается в пространственную оболочку, где кроме изгибных возникают и мембранные напряжения, а простое дифференциальное уравнение переходит в систему дифференциальных уравнений в частных производных, решение которого значительно сложнее. Соотношение изгибных и мембранных напряжений, возникающих в балке при различных ее прогибах показано на рис. 3.2.3.1 [10].

Вертикальные конструкции из стекла

В теории расчета стекол вертикально расположенным считается стекло, отклонение которого от вертикальной плоскости не превышает 10°, а отклонение верхнего края от вертикальной плоскости, проходящей через нижний край, не более 300 мм. Толщина одинарной пластины в вертикально расположенном окне при равномерно распределенной нагрузке определяется с помощью формулы Маркуса.

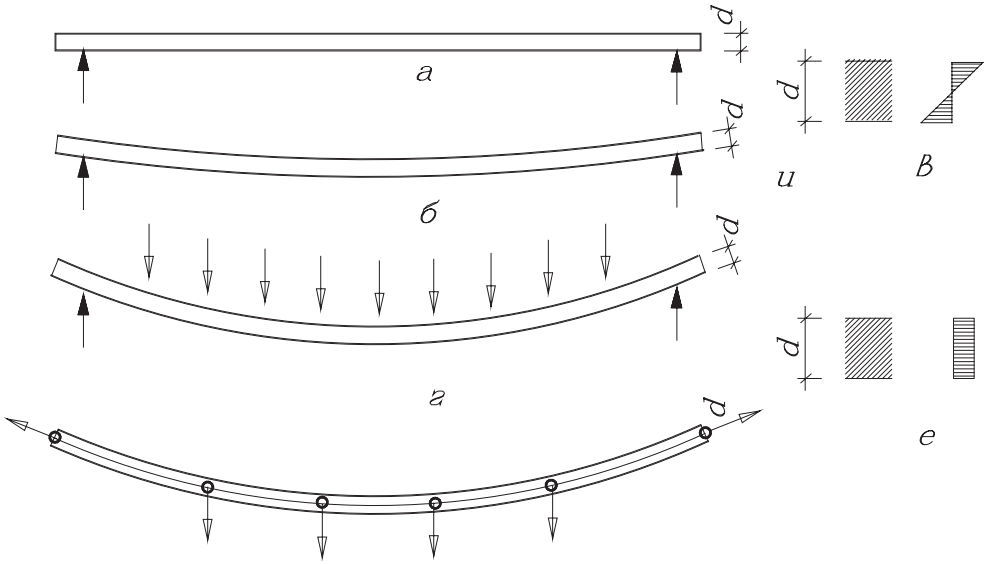


Рис. 3.2.3.1. Характер изгибных и мембранных напряжений, возникающих в балке при различных ее прогибах:

А) — балка без нагрузки; б) — балка под нагрузкой с небольшим прогибом; в) — эпюра изгибных напряжений в балке с небольшим прогибом; г) — балка со значительным прогибом при увеличении нагрузки; д) — направления растягивающих усилий в балке со значительным прогибом; е) — эпюра мембранных напряжений в балке со значительным прогибом.

$$t = 10^3 \sqrt{\frac{3}{4} \cdot \frac{p}{\sigma} \cdot \left(1 - \frac{5}{6} \cdot \frac{r^2}{1+r^4}\right) \cdot \frac{r\left(1-\upsilon r^2\right)}{1+r^4}} \qquad (3.2.3.1)$$

где **t** – толщина стеклянной пластины [мм];

σ_s – допустимое расчетное напряжение;

p – полная ветровая нагрузка на стеклянную пластину [кН];

r – соотношение сторон b/a; где b – более короткая сторона ;

υ – коэффициент Пуассона (для стекла 0.25).

Наклонные конструкции из стекла; конструкции стеклянных крыш

На стекла, установленные в крышах, действуют как кратковременные ветровые нагрузки, так и долговременные снеговые нагрузки и собственный вес стеклянной пластины. Для учета различной величины силы, вызывающей долго- и кратковременные нагрузки, вводится коэффициент. Коэффициент 2,6 в формуле (3.2.3.3) используется для долговременно влияющей нагрузки. Толщина стекол определяется по методу Тимошенко, причем предполагается, кроме всего прочего, что: 1) стеклянная плита не претерпевает никаких горизонтальных перемещений и 2) стеклянная плита равномерно опирается на четыре стороны

$$t = b\sqrt{\beta \cdot q_d / \sigma^2} \qquad (3.2.3.2)$$

t – толщина стеклянной пластины [мм];

$\mathbf{q_d}$ – суммарная расчетная нагрузка, [Н/м^2];
b – более короткая сторона стеклянной пластины, [м];
β – коэффициент, учитывающий форму пластины (табл. 3.2.3.1)
σ – допустимые расчетные напряжения (график рис 3.2.2.1)

Табл. 3.2.3.1

Коэффициент, учитывающий форму стеклянной пластины

Соотношение сторон a/b	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	3,0	4,0	5,0
Коэффициент формы	0,28	0,33	0,37	0,41	0,45	0,48	0,51	0,54	0,56	0,59	0,61	0,71	0,74	0,75

где $$q_d = 2,6 \cdot \cos\alpha \cdot \left(q + \mu_k \cdot q_0 \cdot \cos\alpha\right) + 0,5 \cdot \mu \cdot q_k \qquad (3.2.3.3)$$

2.6 – коэффициент, учитывающий долговременную нагрузку для стеклянных пластин;
α – угол отклонения стеклянной крыши от вертикали;
q – собственный вес стеклянной крыши, [Н/м];
$\mathbf{q_0}$ – снеговая нагрузка, [Н/м^2];
μ_k – коэффициент формы при расчете снеговой нагрузки; (СНиП «Нагрузки и воздействия»)
$\mathbf{q_k}$ – ветровая нагрузка [Н/м^2];
μ – коэффициент формы при расчете ветровой нагрузки (СНиП «Нагрузки и воздействия»)

Сосредоточенная нагрузка, действующая на стеклянную пластину кровли

Возможные сосредоточенные нагрузки не рассматриваются одновременно с существующей снеговой нагрузкой. Расчетная толщина стеклянной пластины, загруженной сосредоточенной нагрузкой определяется с помощью формулы

$$t = b \cdot \sqrt{\frac{1000 \cdot k + 2,5 \cdot \beta \cdot q}{\sigma_s}} \qquad (3.2.3.4)$$

β – коэффициент, учитывающий форму пластины (Табл. 3.2.3.2);
q – собственный вес стеклянной крыши, [Н/м];
k – коэффициент эффективного сечения (Табл.3.4)

Под сосредоточенной понимается нагрузка, действующая в пределах площади 100 мм • 100 мм (рис. 3.2.3.2)

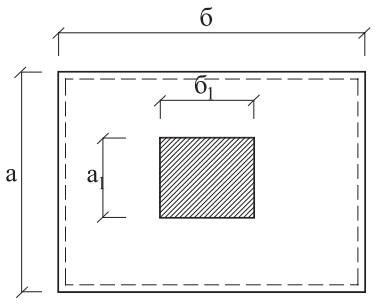


Рис. 3.2.3.2. Схема к расчету на действие сосредоточенной нагрузки

Соотношение области влияния сосредоточенной нагрузки и размера плиты учитывается с помощью коэффициента **k** (Табл. 3.2.3.2)

a_1/a или b_1/b	**k**
1,0	1,00
0,5	2,46
0,2	4,44
0,1	5,93
0,025	9,03

Табл. 3.2.3.2. Значения коэффициента, зависящего от соотношения площади влияния сосредоточенной нагрузки и размера стеклянной плиты кровли.

В некоторых случаях также применяют для определения толщины стеклянной пластины кровли упрощенную формулу Вигена.

$$t^2 = \frac{0,75 b^2 q}{\sigma_s \left(1 + 1,6 \left(b/a\right)^3\right)} \qquad (3.2.3.5)$$

Определение прогиба стеклянной пластины при равномерно распределенной нагрузке и при сосредоточенной нагрузке

Определение прогиба в средней точке стеклянной пластины, нагруженной равномерно, и свободно поддерживаемой с четырех сторон, выполняется по формуле:

$$f = \beta_1 \cdot q \cdot b^4 / \left(E \cdot t^3\right) \qquad (3.2.3.6)$$

f – величина прогиба в средней точке стеклянной пластины [м];
q – нагрузка, направленная на пластину [кН/м^2];
E – коэффициент упругости (для стекла 75*1010 Па);
β_1 – коэффициент, учитывающий размеры
b – более короткая сторона стеклянной пластины, [м];

$$\beta_1 = 0,25 \cdot \left[\left(b/a\right)^2 \cdot \left(1 + 2 In\left(a/b\right) - 1\right)\right] \qquad (3.2.3.7)$$

Определение коэффициента β_1, учитывающего соотношение размеров и способ крепления, – это математическое действие, требующее точного расчета. Достаточная точность достигается при использовании значений, взятых из следующих схем.

Прогиб в средней точке стеклянной пластины, свободно поддерживаемой с четырех сторон, под действием сосредоточенной нагрузки, определяется по следующей формуле:

$$f = \beta_2 \cdot F \cdot b^2 / \left(E \cdot t^3\right) \qquad (3.2.3.8)$$

f – величина прогиба в средней точке стеклянной пластины, [м];
β_2 – коэффициент, учитывающий размеры;
F – сосредоточенная нагрузка, направленная на пластину [Н]
b – более короткая сторона стеклянной пластины, [м];

На рис. 3.2.3.3 приведены графики для определения значений коэффициентов для стеклянной пластины, свободно закрепленной с четырех сторон: β_1- для равномерно распределенной нагрузки, β_2 – для сосредоточенной нагрузки.

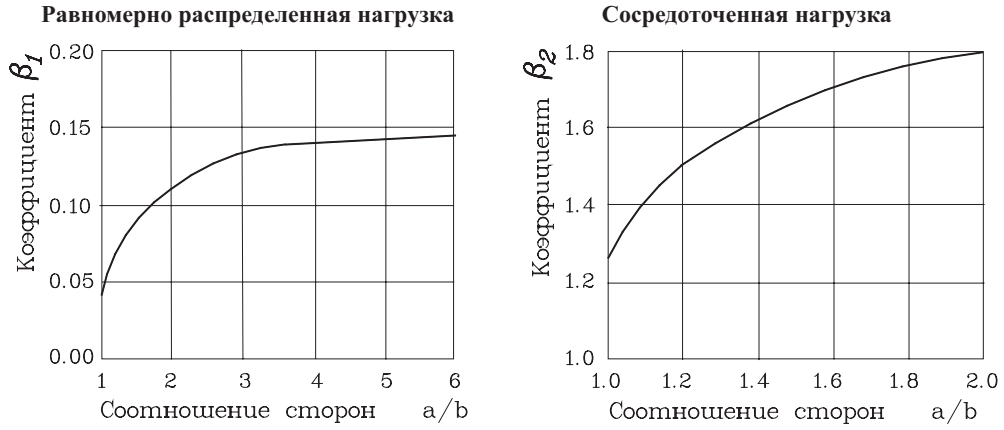


Рис. 3.2.3.3. Графики для определения значений коэффициентов для стеклянной пластины, свободно закрепленной с четырех сторон: β_1 – для равномерно распределенной нагрузки, β_2 – для сосредоточенной нагрузки.

3.2.4. РАСЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ДЛИНЫ СТЕКЛА ПРИ ПРОГИБЕ.

Чтобы определить, насколько изменяется длина прогибающегося стекла, приведем следующий примерный расчет. Геометрические характеристики изогнутого стекла представлены на рис. 3.2.4.1 [9].

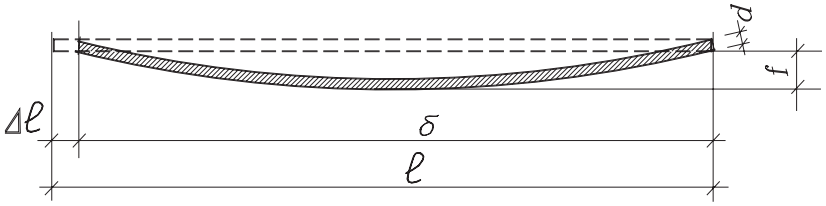


Рис. 3.2.4.1. Геометрические характеристики стекла при изгибе.

Если представить линию прогиба изогнутого стекла в виде параболы, то, согласно рис. 3.9, можно определить длину изогнутого стекла:

$$I = s + 8f^2 3s \qquad (3.2.4.1)$$

где **I** — исходная длина стекла; **s** — укороченная длина стекла в проекции вследствие прогиба; **f** —величина прогиба изогнутого стекла.

Уменьшение длины в этом случае (см. рис. 3.2.4.1) составит в проекции

$$\partial I = 2,67 f^2 / I \qquad (3.2.4.2)$$

3.2.5. РАЗРУШАЮЩИЕ НАГРУЗКИ НА СТЕКЛА.

Проанализируем более подробно характер **разрушения** стекла под действием различных нагрузок.

Специфической особенностью стекла является необходимость учета ослабленных за счет технологических микротрещин кромок, на которых собственно и возникают максимальные напряжения изгиба. В этой связи можно говорить о том, что ***наибольший риск разрушения существует на кромках стекла.***

При этом причиной разрушения стекол, которое начинается с краю (где стекло было отрезано), являются локальные растягивающие напряжения. Если на краю стекла уже имеются трещина или микротрещина, даже небольшие краевые растягивающие напряжения разрушают стеклянную пластину.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ НАГРУЗКИ.

Растягивающие краевые напряжения могут быть вызваны разностью температур в разных частях стекла. Когда на улице стоят типичные для России зимние морозы, теплый воздух, идущий наружу изнутри помещений, нагревает поверхности стекла. При этом температура краевой зоны стекла, закрытой оконным профилем, как правило, ниже температуры в его центре.

Центральные части стекла, имеющие более высокую температуру по сравнению с краевыми зонами, стремятся расшириться. При этом более холодные краевые участки препятствуют расширению, что приводит к возникновению в них растягивающих напряжений. Трещины и микротрещины работают на поверхностях краев стекол как клинья, которые разрушают стекло, разрывая его. Характерная картина разрушения стекла под действием температурных напряжений в краевой зоне показана на рис. 3.2.5.1. Картина разрушения показывает место зарождения трещины и характеризует характер и величину напряжений.

а) б)

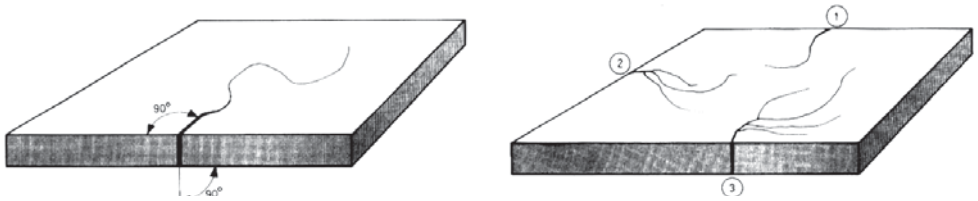


Рис. 3.2.5.1. Характерная картина разрушения стекла под действием температурных растягивающих напряжений в краевой зоне.

а) единичная трещина, б) напряженное состояние по контуру.

Риск разрушения, которое имеет начало по краям стекол, увеличивается в солнцезащитных стеклах, поглощающих тепловое солнечное излучение, под действием которого средняя часть стеклянной пластины сильно нагревается. Тени, которые могут падать на стекла, клейкая лента и рекламные объявления, наклеиваемые на стеклянную поверхность, увеличивают разницу температур между различными участками стекла, и вероятность разрушения возрастает.

Риск разрушения пластин обычного прозрачного строительного стекла и вероятность этого закономерно связаны со скоростью подъема температуры. Обычные (не экстремальные) перепады температуры наружного воздуха, не могут быть причиной значительных напряженных состояний, которые могли бы привести к разрушению.

Когда разница температур между различными участками стеклянной пластины составляет 20 °С, риск разрушения отсутствует. При достижении разницы температур 40 °С вероятность разрушения составляет 20 %. Когда разница температур равна 55 °С, вероятность разрушения равна 50 % или, иначе говоря, половина стекол может разрушиться. И, наконец, когда разница температур превышает 90 °С, все обычные прозрачные строительные стекла разрушаются.

Температурное разрушение стекол может произойти и вследствие непосредственно термоудара. Однако этот случай гораздо менее вероятен, чем разрушение, вызванное краевыми и поверхностными напряжениями.

Стойкость стекла по отношению к температурным нагрузкам определяется группой показателей, характеризующих его термические свойства и приведенных в табл. 3.2.5.1.

Табл. 3.2.5.1

Термические свойства листового стекла

Свойство, единица измерения	**Флоат-стекло**	**Закаленное стекло**
Коэффициент линейного расширения при 20-300 °С, К-1	$9{,}0 \cdot 10^{-6}$	$9{,}0 \cdot 10^{-6}$
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	1,0	1,0
Стойкость к перепаду температур, К	40	100

УДАРНЫЕ НАГРУЗКИ

Нагрузка под влиянием ударной волны

Взрыв массы или газа рождает взрывную волну, давление которой вырастает за 0.01 – 0.1 секунды, как правило, до значений порядка 5 – 50 кН/м^2. На величину и продвижение взрывной волны оказывают влияние удаленность и расположение места взрыва по отношению к рассматриваемому объекту, а также характер поверхностного слоя материалов, на которые воздействует волна. При этом величина избыточного давления, возникающего в результате взрыва, не является величиной постоянной, а изменяется с течением времени (в долях секунды). Характер продвижения взрывной волны показан на рис. 3.2.5.2.

При проектировании светопрозрачных конструкций с точки зрения вопросов взрывобезопасности следует рассматривать функциональное назначение остекления и задачи, связанные с его поведением в момент аварийного взрыва. Так, при проектировании жилых зданий остекление в России всегда рассматривалось в качестве легкосбрасываемых конструкций (ЛСК), обеспечивающих выход взрывной волны наружу при аварийном взрыве природного газа в одной из квартир. В этом случае обеспечивается снижение избыточного давления внутри квартиры за счет истечения газа (свежей смеси или продуктов сгорания) через открытый проем. Если время вскрытия остекления велико,

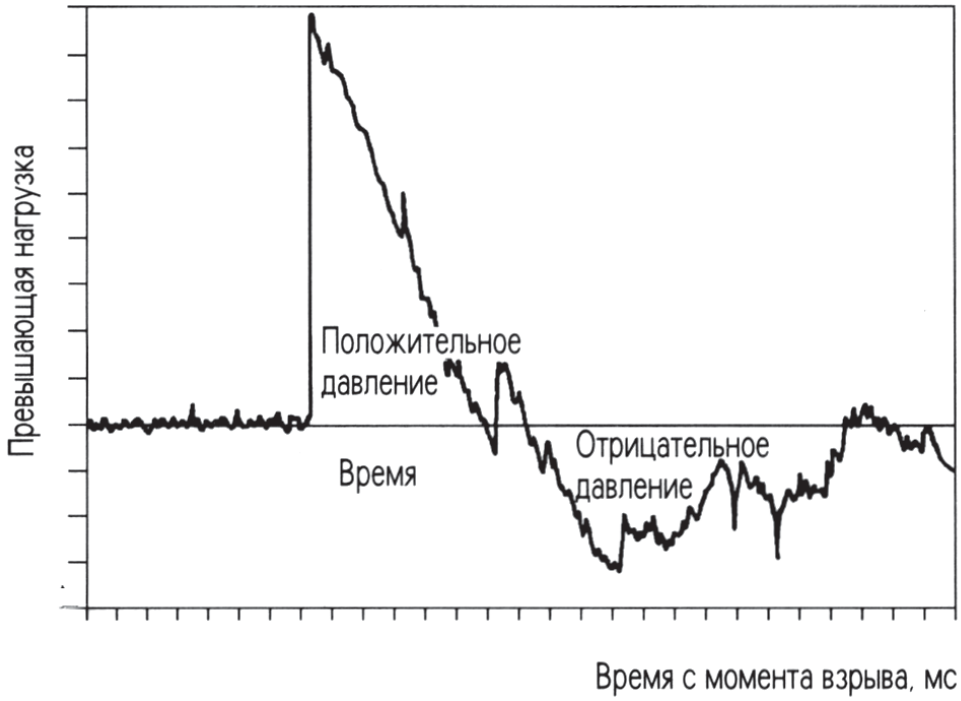


Рис. 3.2.5.2. Продвижение взрывной волны.
(По данным Инженерного бюро Аулис Бертин – Финляндия).

взрывное давление воздействует в течение этого времени на несущие конструкции – стены и перекрытия, что может вызвать прогрессирующее обрушение здания.

Проектирование остекления в местах массового скопления людей (витрины магазинов, подземные торговые комплексы, зрелищные здания и др.) необходимо рассматривать, исходя из требований эвакуации и минимально возможного разброса опасных для людей осколков при аварийном взрыве. В этом случае остекление, в отличие от жилых зданий, должно оказывать по возможности большее сопротивление взрывной волне в течение возможно большего времени.

Следует отметить, что в соответствии с российскими строительными нормами, при взрывах внутри зданий и сооружений избыточное взрывное давление не должно превышать 5 КПа.

Различные удары

На стекла могут быть направлены нагрузки, вызываемые ударами различными предметами. Их можно условно разделить на удары твердыми, острыми и тяжелыми предметами, а также на удары, вызываемые различными пулями.

Показателем устойчивости стекла к воздействию удара является величина энергии (работы), затраченной на его разрушение. Поскольку сопротивление удару является основным показателем при проектировании противовзломных окон, имеет смысл привести краткое описание оценочных методик, применяемых для стекол.

Так в соответствии со стандартами Финляндии, класс безопасности изделия из стекла и его ударная прочность по отношению к разрушению твердым предметом опреде-

ляется следующим образом. На испытываемую стеклянную деталь размером 1100 мм х 900 мм падает стальной шар весом 4110 г и диаметром 100 мм. Испытания считаются успешно пройденными, если шар не прошел насквозь испытываемой детали. Классификация по соответствующим классам безопасности приведена в табл. 3.2.5.2.

Табл. 3.2.5.2

Классификация классов безопасности стекол по ударной прочности к твердому предмету

Класс	Высота падения, мм	Энергия , Дж
А1	3500	141
А2	6500	262
А3	9500	383

Для проведения испытаний на ударную прочность к острому предмету деталь устанавливается в специальный испытательный станок. Острый предмет имеет форму острого топора, и его масса должна быть 2 000 г. Размер испытываемой детали равен 1100 мм х 900 мм.

При проведении испытаний на ударную прочность к тяжелому предмету на испытываемую стеклянную деталь с разной высоты падает кожаный мешок весом 45 кг. Размер испытываемой детали равен 865 мм х 1930 мм. Классификация по соответствующим классам безопасности приведена в табл. 3.2.5.3.

Табл. 3.2.5.3.

Классификация классов безопасности стекол по ударной прочности к тяжелому предмету

Класс	Высота падения, мм	Энергия, Дж
Р1	305	135
Р2	457	202
Р3	1219	538

3. 3. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СТЕКЛОПАКЕТЫ. РАЗНОВИДНОСТИ. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА.

В большинстве современных светопрозрачных конструкций различные стекла используются в так называемых изолирующих стеклопакетах. Под ***изолирующим стеклопакетом (в дальнейшем – стеклопакетом) будем понимать элемент, в котором два или более стекла, герметично соединенных друг с другом при помощи специальной дистанционной рамки, а также внутреннего и внешнего герметиков, образуют замкнутую полость, заполненную осушенным воздухом или другими газами*** (аргоном – Ar, криптоном – Kr, гексафторидом серы – SF_6).*

- Аргон и криптон применяются для улучшения теплозащитных качеств стеклопакета, а гексафторид серы – для повышения его звукоизоляции. При этом аргон является наиболее распространенным и дешевым газом.

3.3.1. КОНСТРУКЦИЯ СТЕКЛОПАКЕТОВ. КЛАССИФИКАЦИЯ. МАРКИРОВКА.

Первый патент на производство стеклопакетов был выдан в 1865 г. Однако, их промышленное производство началось только в 1934 г. в Германии со стеклопакетов марки CUDO, примененных для остекления железнодорожных вагонов. В 1938 г. на рынке под маркой Thermopane появились стеклопакеты, состоявшие из стекол и свинцовой распорной рамки, спаянных между собой по контуру. Производство этих стеклопакетов было впервые освоено в США. Стеклопакеты различной конструкции представлены на рис. 3.3.1.1.

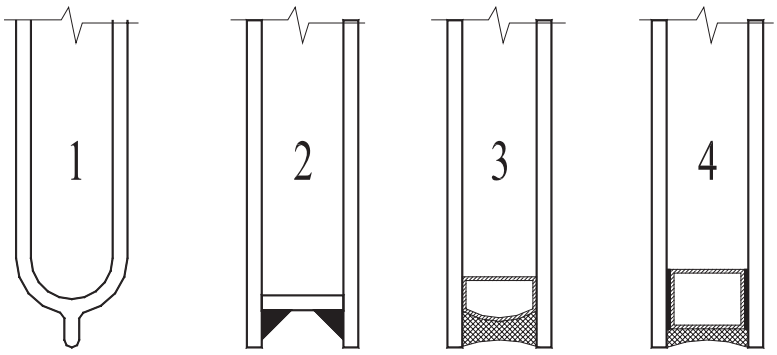


Рис. 3.3.1.1. Стеклопакеты различной конструкции.
1- заваренный, 2 – паяный, 3 – клееный с одинарной герметизацией, 4 - клееный с двойной герметизацией.

В 1950 г. были впервые изготовлены стеклопакеты с эластичным уплотнением. В них была использована алюминиевая пустотелая рейка, заполненная осушительным средством и уплотненная полисульфидным герметиком **Thiokol.**

А 1970 г. считается годом рождения современного стеклопакета, имеющего двойную герметизацию. Сегодня по этой технологии производится 90% всех стеклопакетов. Конструкция стеклопакетов, наиболее распространенных в настоящее время, показана на рис. 3.3.1.2.

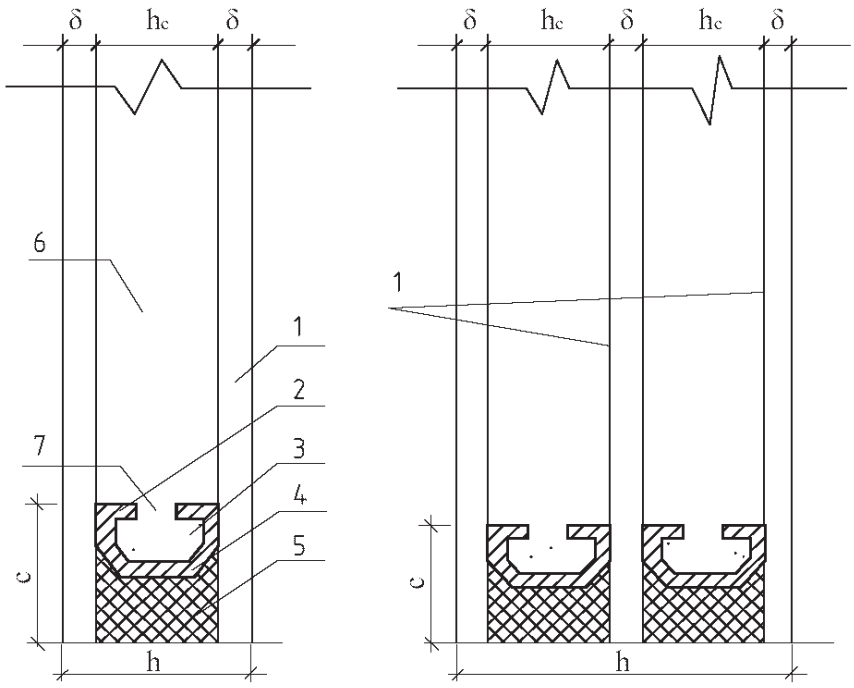


Рис. 3.3.1.2. Конструкция современных стеклопакетов.

а) однокамерный стеклопакет; б) двухкамерный стеклопакет.

1 – стекло; 2 — дистанционная рамка (спейсер); 3 — влагопоглотитель; 4 — нетвердеющий герметик; 5 – отверждающийся герметик; 6 – воздушная прослойка (межстекольное расстояние); 7 – дегидратационные отверстия.

а – толщина стекла; h – толщина стеклопакета; hc – расстояние между стеклами; c – ширина герметизирующего слоя.

Стеклопакеты классифицируются по количеству воздушных камер на **однокамерные** (два стекла) и **двухкамерные** (три стекла) (см. рис. 3.3.1.2).*

- В отечественной литературе по окнам, в модифицированном виде можно встретить устаревший термин, применявшийся к двухслойному и трехслойному остеклению оконных блоков одинарными стеклами; соответственно – «двухслойный стеклопакет» применительно к однокамерному и «трехслойный стеклопакет» применительно к двухкамерному.

В зависимости от теплотехнических, звукоизоляционных и др. требований, могут изготавливаться ***стеклопакеты специальной конструкции:*** с применением многослойного стекла, с теплоотражающей полимерной пленкой и др. Межстекольное пространство может заполняться газами – аргоном, неоном, криптоном, гексафторидом серы.

Эстетические качества окна в соответствии с требованиями архитектора могут быть учтены за счет установки внутри стеклопакета декоративных раскладок, как правило, белого или золотистого цвета. Кроме того, снаружи могут быть наклеены декоративные планки. Примеры стеклопакетов различной конструкции приведены на рис. 3.3.1.3.

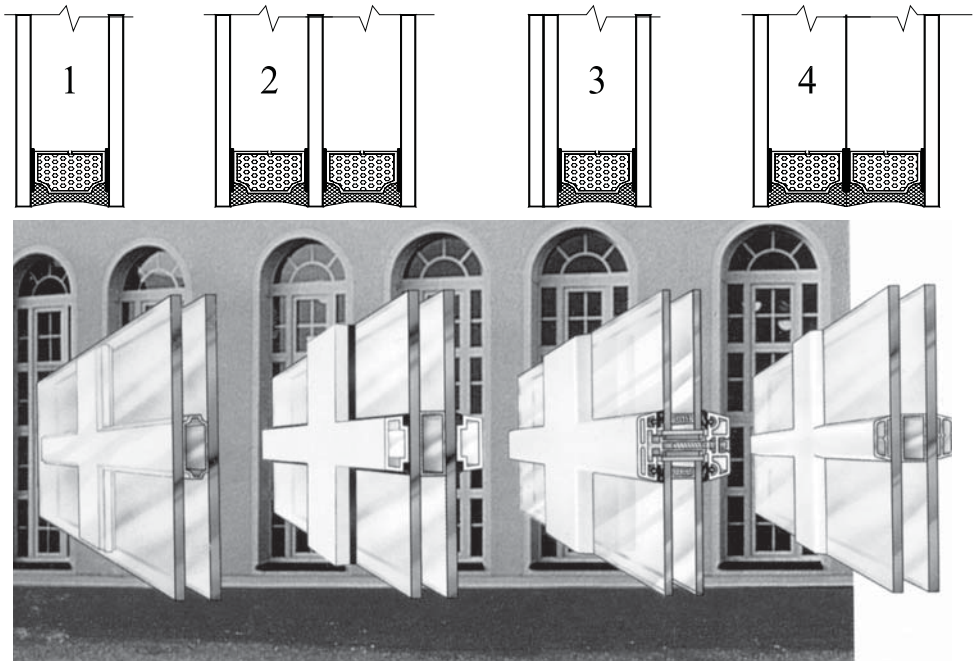


Рис. 3.3.1.3. Стеклопакеты различной конструкции.

1 – однокамерный стеклопакет, 2 – двухкамерный стеклопакет, 3 – однокамерный стеклопакет с многослойным защитным стеклом (триплексом), 4 – двухкамерный стеклопакет с перегородкой из теплоотражающей пленки; 5 – декоративные раскладки внутри стеклопакета и наружные профильные планки.

В ***маркировке стеклопакетов*** указываются толщина и тип стекол, ширина дистанционной рамки, количество воздушных прослоек, а также тип газа, используемого для их заполнения. Определенные различия могут наблюдаться в маркировке стеклопакетов, указываемой в технической документации зарубежных производителей и маркировке, применяемой в соответствии с действующими российскими стандартами.

Для стекол, согласно ГОСТ 24866-99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения», применяется следующая основная маркировка:

М	Листовое стекло (марки М0; М1; М2; М4 – цифры в маркировке указывают на группу качества; «0» – самое высокое качество)
К	Стекло с твердым низкоэмиссионным покрытием, полученное по технологии In – Line
И	Стекло с мягким низкоэмиссионным покрытием, полученное по технологии Off – Line

Для газов, заполняющих межстекольное пространство, применяется следующая маркировка:

Воздух	Пробел по умолчанию
Ar	Аргон
Kr	Криптон
SF6	Гексафторид серы

Примеры условного обозначения (согласно ГОСТ 24866-99):

Однокамерный стеклопакет общестроительного назначения, состоящий из двух листовых стекол толщиной 4 мм марки М1 по ГОСТ 111-2001, с расстоянием между стеклами 16 мм, с низкоэмиссионным покрытием на внутреннем стекле, с заполнением аргоном (Ar). Геометрические размеры пакета: высота (длина) 1500 мм, ширина 800 мм, толщина 24 мм (4мм + 16 мм + 4 мм):

Стеклопакет СПО 4М1-16Ar-И4 1500х800х24 ГОСТ 24866-99.

Двухкамерный стеклопакет общестроительного назначения, состоящий из трех листовых стекол толщиной 4 мм марки М1, с расстоянием между стеклами 12 мм, с заполнением воздухом. Геометрические размеры пакета: высота (длина) 1500 мм, ширина 800 мм, толщина 36 мм.

Стеклопакет СПД 4М1-12-4М1-12-4М1 1500х800х36 ГОСТ 24866-99.

3.3.2. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТЕКЛОПАКЕТОВ.

За последние десятилетия технология производства стеклопакетов значительно продвинулась в направлении автоматизации, когда на линии, выпускающей до несколько тысяч квадратных метров готовой продукции в смену, работают всего два человека – грузчик, подающий подготовленное стекло, и грузчик, выгружающий готовый стеклопакет (есть производства без присутствия человека).

На всех современных автоматизированных линиях по производству стеклопакетов может быть выделено несколько участков, соответствующих различным стадиям технологического процесса.

На **I этапе** производится резка стекла по типоразмерам. В зависимости от толщины и размера заготовки, резка производится с небольшими различиями (тип режущего инструмента и жидкости для резки). Современные столы для резки – это высокомеханизированные устройства, в которых перемещение резца управляется компьютером по программе, задаваемой оператором с клавиатуры. Некоторые столы снабжены специальной программой по оптимизации раскроя, позволяющей снизить отходы до 5 % и ниже.

Перемещение стекла по поверхности стола производится на воздушной подушке, создаваемой с помощью большого числа отверстий на поверхности стола. Ломка стекла после надреза осуществляется специальными штангами, поднимающимися из поверхности стола.

При прохождении режущего инструмента по поверхности стекла, на стекле образуется небольшая бороздка с микротрещинами. При надломе вдоль этой бороздки стекло раскалывается. Для того чтобы получить ровный срез, надлом необходимо производить достаочно быстро после создания бороздки. Это связано с так называемым эффектом «самозалечивания стекла» после создания микротрещин. Получившиеся микротрещины как бы начинают самопроизвольно склеиваться, и разлом стекла в этом случае значительно затруднен. Для того, чтобы избежать подобных явлений, применяется специальная жидкость для резки, которая обладает малой вязкостью и хорошими смачивающими свойствами. Она проникает в микротрещины и препятствует самозалечиванию стекла.

Параллельно с резкой стекла производится резка дистанционных рамок (спейсеров) по размерам данного стеклопакета и предварительная сборка с помощью уголков и соединительных вставок (рис. 3.3.2.1). Дистанционные рамки должны иметь перфорированные отверстия со стороны межстекольного пространства (см. рис. 3.3.1.2).

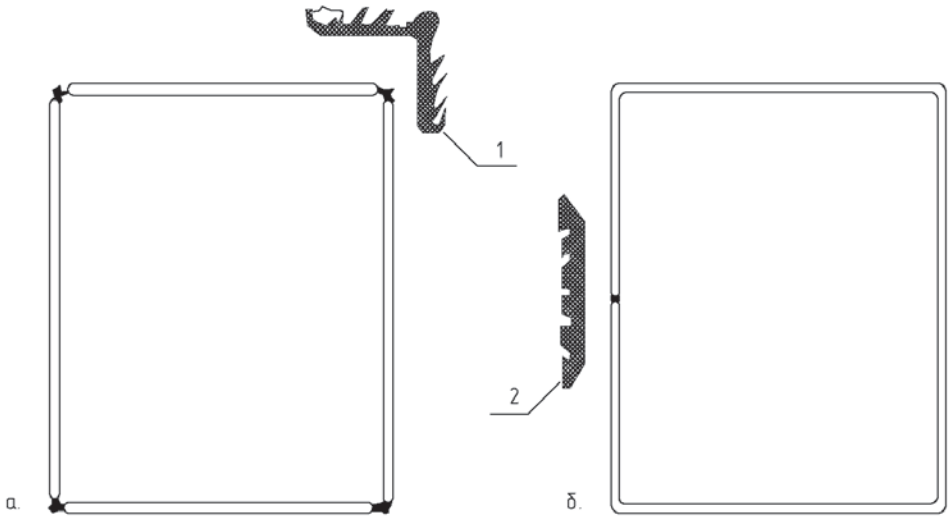


Рис. 3.3.2.1. Примеры конструкций дистанционных рамок.

А) дистанционная рамка из прямолинейных деталей, собранная на четырех соединительных уголках (1); б) дистанционная рамка, собранная методом гнутья и замкнутая на одном соединителе (2).

Одновременно со сборкой спейсер заполняется осушителем, поглощающим влагу из межстекольного пространства стеклопакета. При изготовлении стеклопакетов в качестве влагопоглотителя применяют синтетический гранулированный цеолит (молекулярное сито) или технический селикагель, которыми заполняют полости дистанционных рамок.

Размеры гранул влагопоглотителя должны быть больше, чем дегидрационные отверстия в дистанционной рамке. Размер пор во влагопоглотителе (молекулярном сите) должен иметь размер, необходимый для избирательного поглощения газов на молекулярном уровне: должно происходить поглощение только молекул воды (водяного пара), а не других газов, входящих в состав воздуха.

За счет использования осушителя воздух, находящийся внутри стеклопакета, практически полностью обезвоживается, и таким образом устраняется возможность выпадения конденсата между стеклами во всем диапазоне нормальных эксплуатационных температур.

В правильно изготовленном стеклопакете выпадение конденсата в межстекольном пространстве наступает при некоторой критической температуре, называемой «точкой росы». Согласно определениям ГОСТ 30779-2001 «Стеклопакеты строительного назначения. Метод определения сопротивления атмосферным воздействиям и оценки долговечности», ***точка росы стеклопакета*** – «температура воздуха (или газа) в стеклопакете, при которой находящийся в нем водяной пар достигает состояния насыщения и выпадает на внутренней поверхности стекол в виде конденсата».

Реально определение ГОСТ отражает температуру наружного воздуха, при которой происходит выпадение конденсата в межстекольном пространстве без разгерметизации стеклопакета. Для большинства стеклопакетов эта температура составляет – 45 °С. Появление конденсата на поверхности стекол внутри стеклопакета в процессе эксплуата-

ции при более высоких температурах свидетельствует о грубых нарушениях, допущенных при его производстве – неполной герметизации или отсутствии осушителя.

На **II этапе** изготовления стеклопакетов производится мойка стекол деминирализованной водой в щеточной моечной машине. Мойка стекол, имеющих «мягкое» покрытие, должна производиться только специально предназначенными щетками, имеющими определенную жесткость щетинок.

Мойка является ответственной операцией, в значительной степени определяющей долговечность стеклопакета, хорошая герметизация которого основана на идеальной адгезии герметика к стеклу.

На **III этапе** на торцевую поверхность спейсера слоем шириной приблизительно 3-4 мм методом экструзии при температуре 120-140 °С наносится неотверждающийся эластопластичный герметик первого герметизирующего слоя. В качестве герметиков первого слоя применяют полиизобутиленовые герметики (бутилы). К качеству этого слоя предъявляются повышенные требования. Он должен быть равномерным, без разрывов, шириной не менее 3 мм, особенно в углах и местах соединения. Дополнительно в углах наносится герметик вдоль соединительной щели. При небольших объемах производства, первичная герметизация стеклопакетов может осуществляться вручную. При этом герметизирующий слой наносится в виде тонкой самоклеящейся бутиловой ленты.

На **IV этапе** осуществляется первая стадия сборки стеклопакетов (предварительная сборка): соединение стекол и спейсера с нанесенным на него герметиком первого слоя.

При применении в стеклопакете стекла с «мягким» (нестойким к внешним воздействиям) покрытием, по всему периметру этого стекла перед сборкой стеклопакета должна быть очищена от покрытия кромка, шириной 8-10 мм (обычно это делается перед резкой стекла). Это мероприятие обеспечивает необходимую адгезию бутила к стеклу, а также исключает возможную коррозию самого покрытия. Поверхность стекла, имеющая «мягкое» покрытие, должна быть обращена во внутреннее межстекольное пространство. Кромка стекла со снятым покрытием не должна попадать в поле зрения при оценке внешнего вида стеклопакета.

После предварительной сборки, стеклопакет поступает в пресс, который сдавливает его до фиксации. После сдавливания стеклопакет должен несколько десятков секунд выдерживаться в сжатом состоянии. Это необходимо для того, чтобы бутил могпроникнуть в поры и микротрещины стекла, таким образом увеличив адгезию.

Для устранения возможности разрушения стеклопакета при монтаже и эксплуатации вследствие концентрации локальных напряжений в кромке стекла, возникающей после его резки, рекомендуется перед сборкой стеклопакета сошлифовать крошку на стеклах по периметру.

На **завершающей стадии** изготовления стеклопакета на автоматическом оборудовании или вручную по торцевой поверхности стеклопакета наносится отверждающий герметик. Для второго герметизирующего слоя применяют полисульфидные (тиоколовые) или полиуретановые герметики. Основное назначение второго герметизирующего слоя заключается в удержании геометрии стеклопакета.

Заполнение промежутка между стеклами газом осуществляется через специальные отверстия в дистанционной рамке в двух противоположных углах, которые затем герметизируются.

Следует отметить, что на протяжении всего расчетного периода эксплуатации стеклопакета происходит ***постепенная естественная утечка газа из внутренней камеры*** и, обратно – диффузия водяного пара, через микротрещины в герметике, вызванные напряжениями в ***краевой зоне*** (по контуру примыкания стекол к дистанционной рамке) под действием перепада давлений и температур. Для компенсации напряжений в краевой зоне необходим герметик с высоким модулем упругости, хорошо воспринимающий растягивающие усилия. В связи с этим можно также отметить, что прочностные свойства применяемого герметика определяют стабильность геометрических свойств пакета.

В табл. 3.3.2.1 приведены сравнительные характеристики газо- и влагопроницаемости наиболее распространенных герметиков, применяемых в настоящее время для производства стеклопакетов.

В список не включены специальные герметики, применяемые в стеклопакетах для структурного остекления (см. главу 10) и светопрозрачных кровель зимних садов, краевая зона которых подвергается повышенному воздействию ультрафиолетового излучения.

Табл. 3.3.2.1

Газо- и влагопроницаемость различных герметиков

Основа полимера	**Аргон (л/м² сутки Бар)**	**Вода (г/м³ сутки)**
Бутил (на основе PIB)	0,01	0,1
Полисульфид	0,03	3
Бутил горячего расплава	0,03	1
Полиуретан - на основе полибутадиена - на основе полиэфира	 0,3 0,9	 1 8
Силикон* - однокомпонентный - двухкомпонентный	 30 10	 13 16

- Герметизация силиконом является наиболее старой технологией изготовления стеклопакетов. В настоящее время в незначительных масштабах применяется мелкими производителями окон.

3.4. ПРОЧНОСТЬ СТЕКЛОПАКЕТОВ

3.4.1. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РАБОТА СТЕКЛОПАКЕТОВ.

С точки зрения строительных расчетов, стеклопакет представляет собой пространственную конструкцию из двух или более стекол, разделенных между собой герметичными воздушными прослойками. Стекла склеены между собой по контуру при помощи дистанционных рамок и эластичных клеящих составов, что в совокупности образует шарнирное соединение.

В процессе эксплуатации в стеклах пакета возникают напряжения при действии односторонней нагрузки, вызванные действием ветра и снега, или двухсторонней нагрузки за счет изменения атмосферного давления и температуры воздуха (рис. 3.4.1.1).

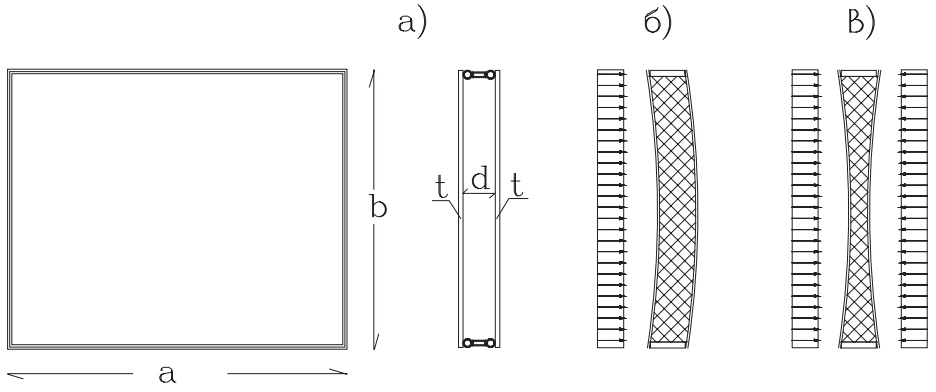


Рис. 3.4.1.1. Схема работы стекол однокамерного пакета:
а) – расчетная схема стеклопакета; б) - односторонняя нагрузка (ветер и снег); в) - двухсторонная нагрузка (перепады атмосферного давления и температуры наружного воздуха).

Герметичность воздушной прослойки является причиной того, что стеклопакет следует рассматривать как сопряженную систему, в которой воздух является упругой прослойкой, распределяющей нагрузку между стеклами. Механизм работы стекол в пакете при приложении односторонней ветровой или снеговой нагрузки состоит в том, в результате прогиба наружного стекла воздух в прослойке уплотняется, и в ней создается избыточное давление. Исследования показали, что благодаря герметичности воздушной прослойки деформации обоих стекол в однокамерном пакете при действии односторонней нагрузки примерно равны. Соотношение прогибов внутреннего и наружного стекол составляет 0.81-0.95, и тем ближе к единице, чем больше действующая нагрузка.

Для наглядного **теоретического анализа напряженного состояния** стеклопакета рассмотрим работу простейшего однокамерного стеклопакета *под действием некоторой односторонней нагрузки* (например, ветрового давления). представим себе, что внутреннее стекло стеклопакета абсолютно жесткое, а наружное -достаточно гибкое и может прогибаться под нагрузкой.

Согласно уравнению газового состояния, между абсолютной температурой, давлением и объемом воздуха внутри замкнутой воздушной прослойки существует зависимость

$$P_1 \cdot V_1 / T_1 = P_2 \cdot V_2 / T_2 \qquad (3.4.1.1)$$

При условии, что температура воздуха внутри стеклопакета не изменяется, т.е. изменение давления внутри стеклопакета будет обратно пропорционально изменению объема воздуха в прослойке, уравнение (3.4.1.1) запишется в виде

$$P_1/P_2=V_2/V_1 \qquad T_1=T_2=\text{const} \qquad (3.4.1.2)$$

Согласно уравнению (3.4.1.2) , уменьшение объема воздуха внутри камеры, будет вызывать повышенное избыточное давление на стекла. Под действием ветровой нагрузки наружное стекло стеклопакета (со стороны приложения нагрузки) прогибается. Если принять, что при этом внутреннее стекло сохраняет свою прежнюю форму, то объем воздушной прослойки уменьшается, а давление в ней увеличивается.

Если задаться величиной допустимых прогибов стекла под действием односторонней равномерно распределенной нагрузки, то можно количественно оценить теоретическое (исходя из уравнения состояния) изменение давления на стекла при увеличении нагрузки.

В качестве расчетной модели примем круглый стеклопакет (в котором отсутствует влияние напряжений в углах) с радиусом – r и толщиной воздушной прослойки – **h**. Площадь стеклопакета примем равной приближенно 1 м^2, т.е. его радиус будет составлять **r** =60 см (600 мм). Примем допустимую величину прогиба **f** равной 1/200 – 1/300 пролета, что в данном случае составляет 1/200 – 1/300 от диаметра **D** = 120 см (1200 мм) и равняется 3 – 5 мм. Толщину воздушной прослойки примем равной **h** =24 мм (2,4 см).

Первоначальный объем воздушной прослойки стеклопакета равен

$$V=\pi \cdot r^2 \cdot h \qquad (3.4.1.3)$$

Подставив цифры, получим 3, 14 • 60 2 • 2,4 = 27 143 см^3

Для установления зависимости давления в воздушной прослойке пакета от нагрузок рассмотрим изменение объема прослойки круглого стеклопакета при деформации его наружного стекла от приложенной нагрузки. Считаем, что часть объема воздушной прослойки – ∂**V** , на которую уменьшилась прослойка, представляет собой сферический сегмент, ограниченный сферической поверхностью деформированного наружного стекла. Объем сферического сегмента вычисляется по формуле

$$\partial V=\pi / 6 \cdot f\left(3r_1^2+3r_2^2+f^2\right) \qquad (3.4.1.4)$$

Где **f** – заданная величина допустимого прогиба в средней точке стеклянной пластины, [м]

Принимая r_2=0, получим

$$\partial V=\pi / 6 \cdot f\left(3r_1^2+f^2\right) \qquad (3.4.1.5)$$

Если задаться значениями допустимых прогибов, увеличивающихся с некоторым заданным шагом (что соответственно будет отражать и увеличение приложенной нагрузки), то можно получить объемы сферических сегментов, которые затем впоследствии можно вычесть из первоначального объема прослойки. Соответственно можно оценить в процентном отношении долю уменьшения объема и роста внутреннего давления (связанных обратной пропорциональной зависимостью) под действием односторонней

нагрузки, приведшей к определенному заданному значению прогиба. Цифры, иллюстрирующие теоретическое, прогнозируемое исходя из уравнения состояния увеличение внутреннего давления внутри однокамерного стеклопакета, приведены в табл.3.4.1.1.

Табл. 3.4.1.1

Теоретическая оценка изменения объема воздушной прослойки стеклопакета при прогибах одного из стекол под действием односторонней нагрузки

Наименование величин	**Расчетные показатели**			
Величина допустимого прогиба, мм	2	3	4	6
Объем сжатого сегмента, $см^3$	1 130	1 696	2 261	3 391
Уменьшение объема, %	8	13	17	25
Увеличение внутреннего давления, %	8	13	17	25

Цифры, приведенные в табл.3.4.1.1, выведены, исходя из идеальной модели, предполагающей что вся нагрузка воспринимается одним стеклом и не приводит к прогибу второго. Однако, в реальных конструкциях этого не происходит.

Для иллюстрации рассмотрим действие на стеклопакет ветровой нагрузки при скорости 28 м/сек. В этом случае ветровое давление может быть определено как $\mathbf{P=v^2/16,}$ где **v** – скорость ветра. Подставив значения, получаем: $\mathbf{P} = 28^2/16 = 50$ кгс/$м^2$ или 0,5 кПа. Если принять, что эта нагрузка вызывает даже не самый большой прогиб наружного стекла – порядка 3 мм, то в этом случае (согласно табл.3.4.1.1.), объем воздушной прослойки уменьшился бы на 13%. Соответственно давление внутри стеклопакета увеличилось бы тоже на 13%.

Если принять, что начальное давление внутри стеклопакета равно атмосферному и составляет P=100 кПа, то избыточное давление, создаваемое ветровой нагрузкой, равнялось бы 13 кПа или 1300 кгс/$м^2$. Однако, такое ветровое давление может быть достигнуто при небывалой скорости ветра – 144 м/сек или 518.4 км/час.

Таким образом, приведенные простые рассуждения обозначают явное противоречие между математическим уравнением состояния и реальными природными факторами. Прежде всего, они говорят о том, что в действительности стеклопакет не воспринимает нагрузку за счет прогиба одного стекла, передавая ее на абсолютно жесткое другое, а оба стекла работают совместно при действии односторонней нагрузки.

В практических расчетах вводятся понижающие коэффициенты к расчетной нагрузке, учитывающие совместную работу стекол в стеклопакете. Для однокамерного стеклопакета **к~** 0.5, для двухкамерного **к~** 0.33.

В стеклопакете, подверженном воздействию ***двухсторонней нагрузки,*** возникающие усилия распределяются равномерно между стеклами пакета. Действие такой нагрузки вызывается изменением давления в воздушной прослойке при изменении температуры воздуха или атмосферного давления. При этом происходит выравнивание давления снаружи и внутри стеклопакета за счет изменения объема воздушной прослойки. Стекла пакета изгибаются, а создаваемое в них напряженное состояние является предпосылкой для возникновения трещин при транспортировке или монтаже.

При понижении температуры во внутренней камере (при охлаждении стеклопакета) ее объем будет уменьшаться, стекла будут выгибаться во внутреннюю полость, что может вызвать « схлопывание » стеклопакета. Следует отметить, разрушение пакетов

при « зимних » монтажах является достаточно распространенным явлением, в связи с чем их производители не рекомендуют производить монтаж при температуре наружного воздуха ниже – 15 °С.

Действительно, если температура воздуха в помещении, где стеклопакет был изготовлен, составляла Т1 =+ 20 °С, а температура наружного воздуха во время монтажа и транспортировки была Т2 = – 20 °С, то скачок температур на 40 °С приведет к изменению объема воздуха прослойки.

$$T_1/T_2=V_1/V_2 \qquad P_1=P_2=\text{const} \tag{3.4.1.6}$$

Относительное изменение температуры в Кельвинах составит

$$\partial V=\left(273\text{-}20\right)/\left(273+20\right)=0,86,$$

то есть температура воздуха в воздушной прослойке изменилась на 14%. В соответствии с уравнением состояния, объем воздуха в прослойке должен уменьшиться также на 14%. Так как выгибаются оба стекла, то каждое стекло при деформации будет изменять объем воздуха на 7,0%, чтобы компенсировать избыточное атмосферное давление. Как видно из таблицы 3.7, величина прогиба каждого стекла при этом будет составлять около 2 мм. Очевидно, что чем больше площадь стеклопакета и чем больше толщина воздушной камеры, тем больше вероятность его разрушения при изменении температуры.

Гораздо более редкий случай представляет разрушение стеклопакетов при изменении атмосферного давления. Однако, возможны случаи, когда стеклопакеты могут изготавливать при повышенном или пониженном атмосферном давлении, а изменение давления может составить до 4 кПа. В соответствии с формулой (3.4.1.2) объем воздуха прослойки при изменении давления должен измениться на величину порядка 4%. Так как выгибаются оба стекла, то каждое стекло при деформации будет изменять объем воздуха на 2,0%, чтобы компенсировать избыточное атмосферное давление.

Из приведенных выше рассуждений можно сделать вывод о том, что выбор толщины воздушной прослойки оказывает определенное влияние на статическую работу стеклопакета.

В стеклопакете, подверженном воздействию односторонней внешней нагрузки, увеличение объема воздушной прослойки приведет к тому, что ухудшается совместная работа стекол в стеклопакете. Реальная нагрузка на внутреннее стекло уменьшится, а на внешнее стекло – увеличится. По характеру статической работы стеклопакет будет приближаться к окну с двойным раздельным остеклением.

В стеклопакете, подверженном воздействию двухсторонней внешней нагрузки за счет перепадов температуры, увеличение объема воздушной прослойки приведет к увеличению вероятности разрушения стекол в стеклопакете.

В стеклопакете, подверженном воздействию двухсторонней внешней нагрузки за счет перепадов атмосферного давления, увеличение объема воздушной прослойки также приведет к ухудшению совместной работы стекол в стеклопакете.

Таким образом, можно говорить о том, что чем меньше толщина воздушной прослойки, тем меньше величина нагрузок от перепадов давления и температуры.

Следует отметить, что в стеклопакетах с узкими камерами (например 6 мм), «схлопывание» может произойти в результате того, что суммарный двойной прогиб стекол превысит толщину камеры.

3.4.2. РАСЧЕТ СТЕКЛОПАКЕТОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ НАГРУЗКИ.

В настоящее время в России не существует единой методики расчета прочностных свойств стеклопакетов, зафиксированной в нормативных документах. При проектировании остекления ответственных конструкций (светопрозрачных фасадов, кровель, оконных блоков помещений специального назначения, высотных зданий и т. п.) рекомендуется пользоваться программными комплексами, разработанными и опробированными за рубежом.

Как показывает опыт эксплуатации современных светопрозрачных конструкций (в России и за рубежом), для большинства типовых оконных блоков жилых и общественных зданий не существует необходимости проведения специальных прочностных расчетов.

Такие расчеты рекомендуется проводить в случаях, когда изготавливаемый элемент оконного блока, заполняемый стеклопакетом или одинарным листовым стеклом (при остеклении неотапливаемых балконов, лоджий или витрин) близок по размерам к максимальным технологическим ограничениям, определяемым производителем профильной системы а также при изготовлении окон или элементов балконного остекления, предназначенных к установке на большой высоте.

На стадии предварительного выбора конструкции стеклопакета, исходя из условия прочности, может быть использована упрощенная методика, предложенная Ю.П. Александровым и Ф.Л. Шехтером [5] .

Согласно этому методу, при расчете стекол в стеклопакете на эксплуатационные нагрузки каждое стекло рассматривают как работающее самостоятельно. При этом каждое стекло рассматривают как тонкую пластину, свободно опертую по контуру. Упругое защемление (закрепление стекол в стеклопакете на распорной рамке с помощью нетвердеющей мастики) в расчете не учитывается, что идет в запас прочности.

Кроме нагрузки от ветра стекло в стеклопакете может испытывать воздействие нагрузок, возникающих от изменения температуры и атмосферного давления. При понижении температуры и соответствующем уменьшении объема воздуха в воздушной прослойке стеклопакета стекло испытывает давление снаружи изделия и может изогнуться внутрь воздушной прослойки.

Аналогичную нагрузку стекло в стеклопакете может испытывать при повышении

атмосферного давления. Указанные факторы создают дополнительные силовые воздействия на стекло. Поэтому стекло в стеклопакете рассчитывается на суммарное воздействие ветровых и дополнительных нагрузок, возникающих от изменения температуры и атмосферного давления. Предполагается, что в реальных условиях эксплуатации суммарные дополнительные нагрузки на стекло от изменения температуры и атмосферного давления могут составлять до 20 % от расчетной ветровой нагрузки. Для учета влияния указанных факторов при практических расчетах прочности стекла расчетную ветровую нагрузку увеличивается путем умножения ее на коэффициент 1,2.

Расчет оконного листового стекла по условию прочности от воздействия ветровых нагрузок. Определение необходимой толщины стекла [5].

При расчете стекло рассматривают как тонкую изотропную пластину, свободно опертую по контуру, находящуюся под действием равномерно распределенной ветровой нагрузки. Некоторая степень упругого защемления от влияния закрепления стекла резиновыми профилями, установленными в штапиках, при расчете не учитывается,что

идет в запас прочности стекла. Толщину пластины (листа стекла) d определяют по формуле [16]:

$$d > w \cdot b \cdot q_в \cdot b^2 / Rp^и \qquad (3.4.2.1)$$

где

d – толщина пластины (листа стекла), мм;

Rp^и – асчетное сопротивление листового стекла на растяжение при изгибе. Согласно ГОСТ 111, Rри = 15 МПа = 150 кгс/см^2;

b – безразмерный коэффициент, зависящий от соотношения размеров сторон пластины (стекла), определяемый по табл. 3.4.2.1.

Табл. 3.4.2.1

a/b*	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	3	4	5	
b	0,2874	0,3762	0,4530	0,5172	0,5688	0,6102	0,7134	0,7410	0,7476	0,75

Примечания:

* a – большая сторона пластины (листа стекла), м; b – меньшая сторона пластины (листа стекла), м.

** Промежуточные значения b определяют интерполяцией.

$q_в$ – расчетное значение ветровой нагрузки, определяемое по формуле:

$$q_в = w_m \cdot g_f \qquad (3.4.2.2)$$

где

f – коэффициент надежности по ветровой нагрузке, принимаемый равным gf = 1,4 согласно п. 6. 11 СНиП 2.01.07-85*;

W_m – нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки на высоте Z над поверхностью земли, определяемое по формуле:

$$W_m = W_0 \cdot c \cdot k \qquad (3.4.2.3)$$

где

W_m – нормативное значение ветрового давления, принимаемое согласно п. 6.4 СНиП 2.01.07-85* ;

c – аэродинамический коэффициент, принимаемый согласно п. 6.6 СНиП 2.01.07-85*;

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте Z, определяемый по табл. 6 СНиП 2.01.07-85* в зависимости от типа местности.

ПРИМЕР 1.

Требуется определить толщину стекла балконного остекления, устанавливаемого на 15 этаже (высота 50 м) здания в г. Ставрополе (IV ветровой район согласно карты ветровых районов и табл.5 СНиП 2.01.07-85* см. Прил.1). Размеры стекла 1,8х1,3 м.

a = 1,8 м; b = 1,3 м; a/b = 1 ,8/1,3~1,4, откуда по табл. 3.4.2.1, ***b*** = 0,4530;

Rp^и = 150 кгс/см^2 ;

Wo принимают согласно п. 6.4 СНиП 2.01.07-85*; для IV ветрового района (см. Прил.1) W_0 = 48,0 кгс/м^2;

c принимается согласно п. 6.6 СНиП 2.01.07-85*; для наветренной стороны ***c*** = 0,8;

k принимается по табл. 6 СНиП 2.01.07-85*; при высоте 50 м, ***k*** = 1,2.

$q_в = w_m \cdot g_f$ = 48 • 0,8 • 1,2 • 1,4 = 64,5 кгс/м^2 = 0,00645 кгс/см^2

Необходимая толщина стекла составляет:

$d > w \cdot b \cdot q_в \cdot b^2 / Rp^и$ = w • 0,4530 • 0,00645 • 1302 / 150 = 0,57 см = 5,7 мм

Принимаем толщину стекла d = 6,0 мм.

Определение необходимой толщины стекла в стеклопакете.

ПРИМЕР 2.

Определить толщину стекла в стеклопакете размерами 1,8х1,2м, установленного в оконном блоке здания в г. Курск (II ветровой район) на высоте 20 м (7 этаж здания).

a = 1,8 м; b = 1,2 м; a/b = 1 ,8/1,2=1,5, откуда по табл. 3.4.2.1, b = 0,4851;

Wo принимают согласно п. 6.4 СНиП 2.01.07-85*; для II ветрового района (см. Прил.1) W_0 = 30,0 кгс/м²;

c принимается согласно п. 6.6 СНиП 2.01.07-85*; для наветренной стороны c = 0,8;

k принимается по табл. 6 СНиП 2.01.07-85*; при высоте 20 м, k = 0,85.

$q_в = w_m \cdot g_f$ = 30 • 0,8 • 0,85 • 1,4 = 28,56 кгс/м² = 0,00645 кгс/см²

С учетом возможного изменения температуры и атмосферного давления:

$q_{сумм}$ = 28,56 · 1,2 = 34,27 кгс/м² = 0,003427 кгс/см²

Необходимая толщина стекла составляет:

$d > w \cdot b \cdot q_{сумм} \cdot q_в \cdot b2 / Rp^и$ = 0,4851 • 0,003427 • 1202/150 = 0,4 см = 4 мм

Принимаем толщину стекла d = 4 мм.

При выборе необходимой толщины стекла в стеклопакете следует учитывать не только вероятность его разрушения, но и эксплуатационных прогибов наружных стекол, возникающих вследствие перепадов атмосферного давления и приводящих к оптическим искажениям плоскости остекления. Это явление, грубо искажающее архитектурную идею здания, особенно заметно на витринном и фасадном остеклении (рис. 3.4.2.1.).



Рис. 3.4.2.1а. Оптические искажения наружной плоскости остекления: наружное стекло стеклопакета выбрано недостаточной жесткости.



Рис. 3.4.2.1б. Жесткость наружного стекла стеклопакетов подобрана правильно – оптические искажения отсутствуют.

3.4.3. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА СТЕКЛОПАКЕТА И ОКОННОГО ПРОФИЛЯ. НАГРУЗКИ В КРАЕВОЙ ЗОНЕ СТЕКЛОПАКЕТА.

В приведенных выше разделах была рассмотрена работа стеклопакета без учета влияния оконного профиля, в который он вставляется. Вместе с тем, напряжения, возникающие в краевой зоне пакета за счет различных коэффициентов температурного расширения металла и стекла, а также усилия, вызванные температурными деформациями оконного профиля, являются одной из основных причин разрушения стеклопакетов, наряду с перепадами давлений и температур.

При изгибе оконного профиля за счет возникающих в нем температурных напряжений, ветровых нагрузок, собственного веса выше расположенных конструкций, а также при динамических воздействиях от открывающихся и закрывающихся дверей в офисных перегородках, витринах и т.п., усилия от профиля передаются на краевую зону стеклопакета. Для долговечной и надежной эксплуатации стеклопакетов способы их крепления должны исключать передачу этих нагрузок. С этой целью между стеклопакетом и переплетом оставляют *компенсационные зазоры,* в которые при установке стеклопакета в проектное положение укладываются *специальные подкладки*. По своему назначению они подразделяются на **опорные** и **фиксирующие.** *Опорные подкладки* служат для передачи нагрузки от собственного веса на переплет, *фиксирующие* – обеспечивают центровку стеклопакета в световой ячейке, а также исключают возможность его смещения при открывании створок.

Подкладки под стеклопакет для ПВХ-профилей изготавливаются в виде пластин из ПВХ, размером 30 х 97 мм и толщиной 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 и 5.0 мм. Схема размещения подкладок зависит от вида остекления (глухое или открывающееся) и способа подвески створок. На рис.3.4.3.1 показаны примеры установки подкладок, согласно рекомендациям технических условий профильной системы Veka.

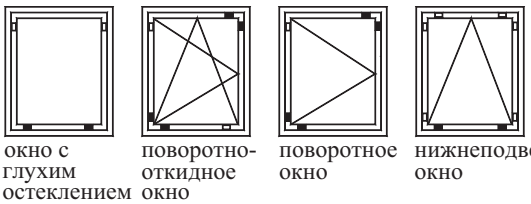


Рис. 3.4.3.1. Примеры установки подкладок под стеклопакет

Краевая зона является наиболее уязвимой для стеклопакета за счет контакта материалов с различными физическими характеристиками. При установке стеклопакетов в оконный профиль следует по возможности защищать ее от промерзания. Кроме того, как уже отмечалось выше, микротрещины, которые могут возникнуть при резке стекла на стадии изготовления стеклопакета, могут привести к его разрушению в процессе эксплуатации, за счет возникающих непосредственно в краевой зоне температурных напряжений.

ГЛАВА 4. СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ОСТЕКЛЕНИЯ. НОРМИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКОН.

4.1. ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКОННОГО СТЕКЛА.

4.1.1. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭНЕРГООБМЕНА ЧЕРЕЗ ОСТЕКЛЕНИЕ.

Уникальным свойством стекла, определяющим его применение в светопрозрачных конструкциях, является высокое пропускание солнечного излучения.

Оптическим излучением или светом называют электромагнитные волны (электромагнитное излучение), длины которых в вакууме лежат в диапазоне от 10нм до 1мм. К оптическому излучению относятся видимое, инфракрасное и ультрафиолетовое излучения.

Инфракрасным излучением (ИК) (тепловое излучение) называется электромагнитное излучение, испускаемое нагретыми телами, длины волн которого в вакууме лежат в пределах от 1мм до 770нм (1нм=10-9м).

Видимым излучением или видимым светом называется электромагнитное излучение с длинами волн в вакууме от 770 до 380нм, которое способно непосредственно вызывать зрительное ощущение в человеческом глазе.

Ультрафиолетовым излучением (УФ) называется электромагнитное излучение с длинами волн в вакууме от 380 до 10нм. В области от 10 до 200 нм УФ излучение сильно поглощается.

От всего солнечного излучения интенсивность УФ составляет порядка 1%. При этом в ультрафиолетовом спектре можно условно выделить три области, оказывающие позитивное влияние на деятельность человека.

1. В области 200 – 280 нм УФ излучение применяется для стерилизации помещений. При этом уничтожаются болезнетворные для человека микробы.
2. В области 280 – 315 нм ультрафиолет оказывает тонизирующее действие и способствует развитию фосфорно-кальциевого обмена. УФ излучение в этом спектре применяют для лечения больных рахитом.
3. В области 315 – 400 нм УФ находит разнообразное техническое применение.

Следует, однако, помнить о специфическом биологическом действии УФ, выражающемся в химических изменениях в поглощающих его молекулах живых клеток, что приводит к разрушению ДНК, нарушению деления и гибели клеток. Поэтому благотворное действие на человека и животных УФ оказывает лишь в малых дозах. Кроме того, избыточное ультрафиолетовое излучение приводит к обесцвечиванию мебели, ковровых покрытий, картин и др.

Для анализа закономерностей энергообмена через светопрозрачные конструкции прежде всего необходимо исходить из того, что в естественном природном теплообмене каждое тело излучает тепловую энергию. При этом длина волны излучения зависит от температуры тела. Стекло, установленное в наружной ограждающей конструкции здания, подвергается воздействию теплового излучения, идущего от солнца и внутренних поверхностей помещения, абсолютная температура которых близка к абсолютной температуре поверхности Земли (для данного климатического района) и составляет в среднем 293К (20 °С). При этом максимум теплового излучения находится в диапазоне от 1600 до 2000 нм.

Температура поверхности Солнца составляет около 6000 К. Его тепловое излучение приходится на диапазон длин волн от 300 до 2500 нм. Сосредоточенная в этом диапазоне тепловая энергия может быть распределена по длинам волн в соответствии с табл.4.1.1.1.

Табл.4.1.1.1

Распределение тепловой энергии Солнца по спектру излучения

Спектр излучения	Длина волны, нм	Тепловая энергия, %
Ультрафиолет – УФ	< 380	1
Видимый спектр	380-760	53
Инфракрасное излучение – ИК	760-2500	46

Спектры теплового излучения Солнца и внутренних поверхностей помещения (условно – Земли) показаны на рис. 4.1.1.1

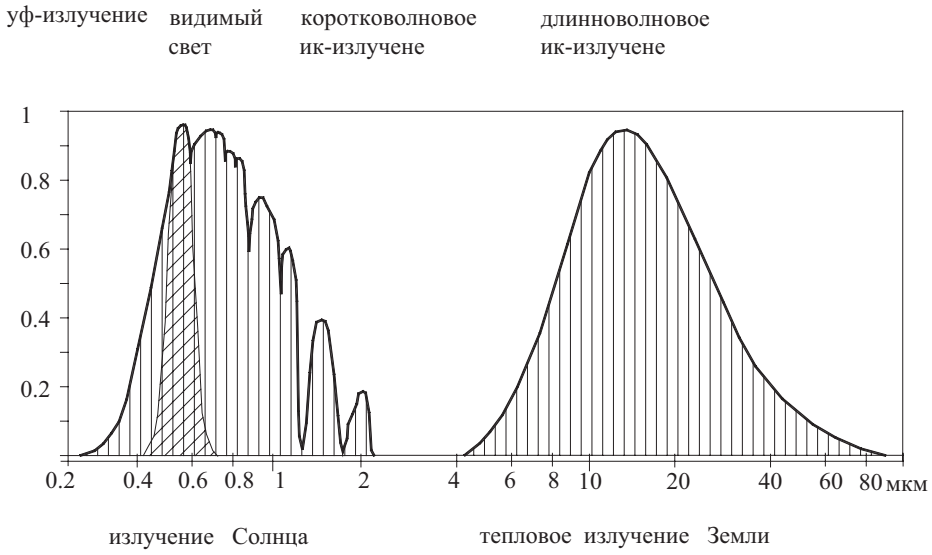


Рис. 4.1.1.1. Спектры теплового излучения Солнца и «Земли» – внутренних поверхностей помещения

Поскольку (как это видно из табл. 4.1.1.1 и рис. 4.1.1.1), УФ излучение занимает незначительную долю тепловой энергии, излучаемой солнцем, и совсем не присутствует в спектре излучения внутренних поверхностей помещения, рассмотрение его в строительных расчетах имеет практическое значение только для помещений специального назначения – большей частью в медицинских учреждениях.

Таким образом, основной задачей проектирования оптических характеристик остекления является круглогодичное обеспечение его оптимальной работы в видимом и ИК участках спектра в соответствии с заданными условиями для конкретного помещения.

На рис. 4.1.1.2 показана схема передачи солнечного излучения через конструкцию остекления. Часть тепловой энергии, падающей на стекло (или стеклопакет), проникает сквозь него, часть тепловой энергии отражается от поверхности стекла, и часть поглощается стеклом.

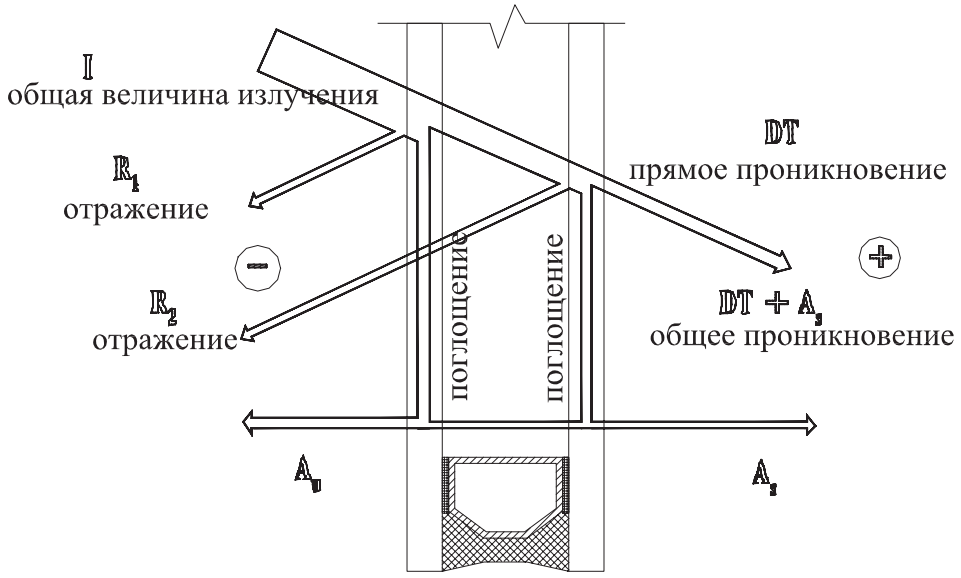


Рис. 4.1.1.2. Передача солнечного излучения через стеклопакет.

Оптическая работа остекления как в видимой, так и в ИК области характеризуется ***уравнением распределения излучения***

$$\tau+\rho+\alpha=1 \qquad (4.1.1.1)$$

В дальнейшем изложении будем использовать следующие характеристики

<u>В видимой части:</u>

τ**v** – пропускание; ρ**v** – отражение; α**v** – поглощение

<u>В ИК части:</u>

τ**e** – пропускание; ρ**e** – отражение; α**e** – поглощение

<u>В видимой части спектра</u> поведение стекла характеризуется ***цветовыми координатами*** (или так называемым «цветовым коробом»), определяющими его визуальное восприятие человеческим глазом. Для обычного флоат-стекла характерен так называемый «нейтральный аспект» – воспринимаемая зрительно прозрачность.

На рис. 4.1.1.3 показаны система цветовых координат, применяемая производителями стекол для оценки их поведения (в лабораторных условиях) в видимой части спектра.

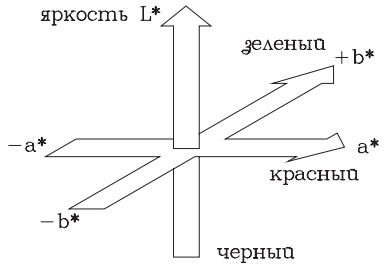


Рис. 4.1.1.3. Цветовые координаты для оценки поведения стекла в видимой части спектра.

Характеристики обычного стекла, имеющего пропускание в видимой части $\tau_{\mathbf{v}} = 0{,}9$ и отражение $\rho_{\mathbf{v}} = 0{,}08$, могут служить в качестве ориентира для оценки зрительного восприятия. Так у «k – стекла» с напылением, воспринимаемого зрительно почти также как обычное стекло, эти величины составляют соответственно $\tau_{\mathbf{v}} = 0{,}84$ и $\rho_{\mathbf{v}} = 0{,}11$, а для зеркального стекла $\tau_{\mathbf{v}} = 0{,}32$ и $\rho_{\mathbf{v}} = 0{,}46$.

4.1.2. РЕГУЛИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТЕКЛА.

При проектировании светопрозрачных ограждений в строительной технике принято рассматривать четыре аспекта, связанных с воздействием оптического излучения на микроклимат зданий и отдельных помещений, и характеризующих оптическую работу остекления в различных участках спектра.

1. Естественное освещение помещений рассеянным (диффузным) солнечным светом, отраженным от небосвода.
2. Теплопотери из помещения (на протяжении отопительного периода) в окружающую среду за счет длинноволнового ИК излучения через остекление.
3. Теплопоступления в помещения (солнечная радиация) за счет коротковолнового ИК спектра солнечного излучения, проходящего через остекление.
4. Инсоляция – облучение помещений прямыми солнечными лучами.

При этом необходимо рассматривать две задачи:

1. ***Зимние условия эксплуатации помещения*** – недопустимость избыточных теплопотерь через остекление.

2. ***Летние условия эксплуатации помещения*** – недопустимость избыточных теплопоступлений через остекление за счет воздействия солнечной радиации.

В рамках регулирования непосредственно свойств оконного стекла, как первая, так и вторая задачи решаются путем понижения интесивности переизлучения тепла от стекла внутрь помещения.

Проектирование остекления, исходя из ***зимних условий эксплуатации,*** является определяющим для подавляющего большинства зданий различного назначения, возводимых на территории РФ.

Снижение интесивности переизлучения тепла от стекла в наружную среду в зимнее время достигается путем уменьшения излучательной способности . поверхности

стекла за счет нанесения покрытия на основе цветных металлов или полупроводниковых оксидов, содержащего свободные электроны. Такие покрытия являются своего рода «тепловым экраном» для помещения и в литературных источниках классифицируются как «теплосберегающие». ***Качественной характеристикой теплосберегающих покрытий является низкое пропускание длинноволнового ИК излучения от нагретых поверхностей помещения наряду с высоким пропусканием коротковолнового ИК излучения Солнца*** (см. рис. 4.1.1.1).

Способность стекла отражать направленное на него **длинноволновое ИК излучение** (в области комнатных температур) характеризуется его *излучательной способностью* – ε. ***Чем меньше*** ε***, тем больше тепловой энергии отразится от стекла обратно в помещение.*** *Под излучательной способностью ε понимают отношение мощности излучения поверхности к мощности излучения так называемой абсолютно черной поверхности (или абсолютно черного тела – АЧТ).*[*]

- ε – излучательно-поглощательная способность тела, называемая также степенью черноты, определяется как отношение энергий излучения серого (Е) и асолютно черного тел (E_0) – ε=E/E 0<1. Под абсолютно черным телом (АЧТ) понимается такое условное тело, которое полностью поглощает все падающее на него излучение. Для АЧТ ε=1, т.е. энергия излучения АЧТ составляет 100% по отношению ко всем другим телам, являющимся менее мощными излучателями и называемыми иначе серыми телами. Все строительные материалы, в том числе и стекла, относятся к серым телам.

Для обычного оконного стекла излучательная способность ε составляет приблизительно 0.84, а у стекол с низкоэмиссионным покрытием колеблется в пределах 0.02 … 0.04 в зависимости от назначения и типа покрытия.

Таким образом, становится понятным термин «низкоэмиссионное стекло», т.е. стекло, имеющее низкую излучательную (эмиссионную – от англ. emission) способность.

С технической точки зрения, низкоэмиссионные покрытия должны выполняться на основе материалов, имеющих высокую электропроводность, поскольку такие материалы обладают наименьшими излучательными свойствами. Кроме того, для оконного стекла принципиально важно, чтобы материал покрытия имел достаточное светопропускание в видимой области.

На рис. 4.1.2.1 показана сравнительная спектральная характеристика обычного оконного стекла и стекла с низкоэмиссионным покрытием. Из рисунка хорошо видно, что низкоэмиссионное стекло достаточно хорошо пропускает видимый свет, и почти полностью отражает тепловую энергию в длинноволновом ИК диапазоне (с длиной волны более 800 нм).

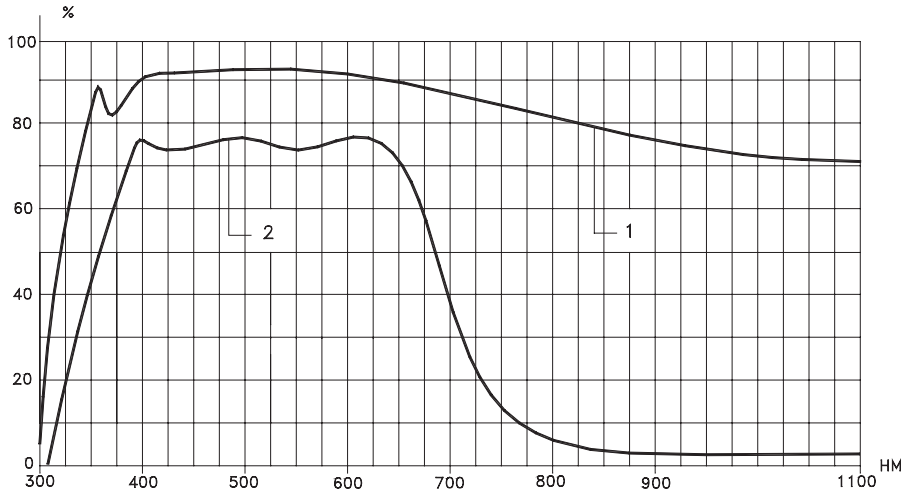


Рис. 4.1.2.1. Спектральная характеристика пропускания различных стекол.
1 – обычное оконное стекло, 2 – стекло с низкоэмиссионным покрытием.

Проектные решения остекления, исходя из ***летних условий эксплуатации,*** как правило, разрабатываются для уникальных зданий и сооружений, имеющих большие площади фасадного остекления, вследствие чего находящиеся за ним помещения могут сильно перегреваться за счет интенсивного поступления солнечной энергии.

При проектировании остекления, исходя из недопустимости избыточного перегрева помещения, преимущественно применяются стекла, окрашенные в массе, или зеркальные стекла, отражающие коротковолновое ИК солнечное излучение. Наиболее часто применяется комбинированное решение – окрашенное в массе стекло с нанесенным солнцеотражающим покрытием. ***Особенность солнцезащитного стекла с соответствующим покрытием заключается в возможности реализации на наружной поверхности остекления целого спектра цветов с изменяющимся уровнем прозрачности,*** что позволяет архитекторам проектировать разнообразные конструкции фасадов.

Как видно из рис.4.1.2.1, ***обычное оконное стекло пропускает ИК солнечное излучение почти также хорошо, как и видимый свет.*** В спектре ИК излучения характеристики обычного оконного стекла соответственно равны : τ**e** = 0,82; ρ**e** = 0,07; α**e** = 0,11.

Тепло, поступающее в помещение за счет солнечной радиации, аккумулируется внутренними стенами и перекрытиями, что приводит к их перегреву, неблагоприятно ощущаемому человеком. Создается так называемый «парниковый эффект». Аналогичные ощущения можно испытать в автомобиле, долгое время простоявшем на солнце, при аккумуляции тепла салоном.

Согласно уравнению (4.1.1.1) , ***идея солнцезащитного остекления состоит в понижении его пропускания*** τe ***в ИК спектре с соответствующим увеличением отражения или поглощения солнечной энергии.***

Технически отражение или поглощение ИК солнечного излучения стеклом достигается за счет использования металлов или их оксидов, вводимых в массу стекла или напыляемых в качестве покрытия, изменяющего терморадиационные свойства поверхности.

Оксиды железа, меди или кобальта, вводимые в стекломассу, окрашивают стекло в зеленовато-голубоватые или серые тона (см. раздел 3.1. «химический состав и структура листового стекла – цветовые добавки»). Стекла, окрашенные в массе, обычно определяются в ряде литературных источников как **«теплопоглощающие»** и имеют осредненные характеристики, близкие к следующим значениям: $\mathbf{t_e}$ = 0,19; $\mathbf{r_e}$ = 0,08; $\mathbf{a_e}$ = 0,73 (см. уравнение (4.1.1.1)). Высокое значение а е характеризует способность таких стекол поглощать солнечную энергию.

Стекла с солнцезащитными покрытиями имеют характерную окраску в отраженном свете и классифицируются в литературных источниках как ***«солнцеотражающие»***. Поскольку покрытие, как правило, наносится на окрашенные в массе стекла,то абсорбирующая способность «солнцеотражающих» стекол также достаточно высока, а их осредненные характеристики могут быть приближенно сформулированы как: $\mathbf{t_e}$ = 0,42 ; $\mathbf{r_e}$ = 0,31; $\mathbf{a_e}$ = 0,27.

Таким образом, абсорбция и отражение солнечной энергии находится в тесной взаимосвязи с цветовыми решениями остекления. Кроме того, необходимо учитывать, что цветовые добавки и покрытия приводят к снижению пропускания видимого света (рис. 4.1.2.2).

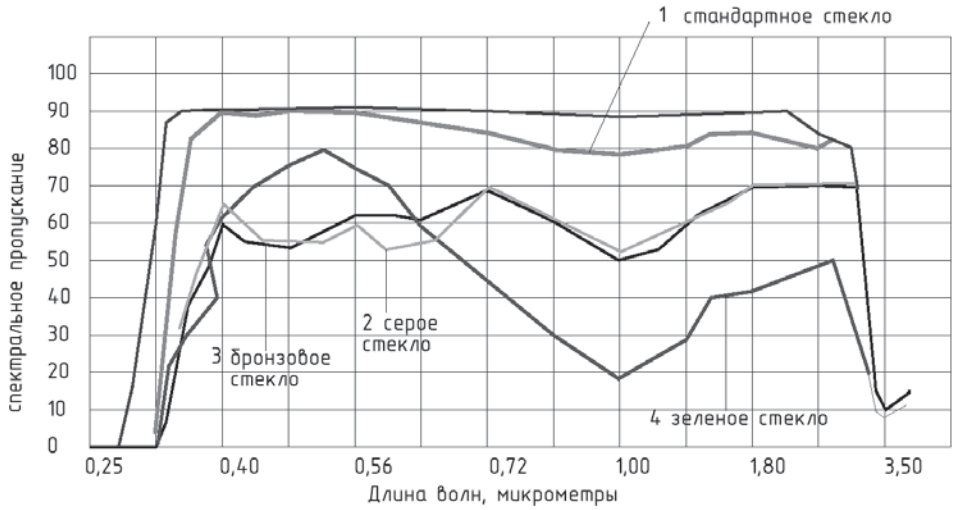


Рис. 4.1.2.2. Сравнительные спектры пропускания различных стекол.

4.2. СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И КОМФОРТНОСТЬ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЯ.

4.2.1. ФОРМИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЯ.

Основными показателями, влияющими на условия пребывания человека в помещении и особенности эксплуатации конструкций, ограждающих это помещение, являются:

- средняя температура воздуха в помещении и ее колебания в течение суток;
- осредненная температура всех поверхностей, ограничивающих помещение;
- влажность и гигиеническое состояние воздуха в помещении;
- скорость движения воздуха в помещении (приоритетно в теплый период года).

Эти параметры являются нормируемыми санитарно-гигиеническими показателями и должны поддерживаться круглогодично в любое время суток.

В России требования к микроклимату гражданских зданий регламентируются ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» и СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям».

Согласно этим документам, для помещений жилых зданий температура внутреннего воздуха **tв** в зимний период должна находиться в пределах 20-22 °С, а в летний период – в пределах 22-25 °С. При этом относительная влажность воздуха должна находиться в интервале 45-30% зимой и 60-30% летом. Скорость движения воздуха при вентилировании не должна превышать 0,15 м/с в зимний период и 0,2 м/с летом.

В зимний период года параметры температуро-влажностного состояния помещения определяются тепловой мощностью системы отопления и теплозащитными качествами наружных ограждающих конструкций (в общем случае – наружной стены с одним или несколькими окнами).

В летний период (при выключенной системе отопления) в помещении с некондиционируемым микроклиматом формируется температуро-влажностный режим, близкий по своим параметрам к наружной среде, а его параметры (с точки зрения предотвращения перегрева, вызванного воздействием солнечной радиации) определяются теплозащитными качествами наружных ограждающих конструкций и естественным воздухообменом в помещении.

Одним из важнейших показателей, определяющих комфортность микроклимата, является осредненная температура всех поверхностей, ограничивающих помещение, так называемая ***«среднерадиационная температура»*** – $\mathbf{t_{ср}^{рад}}$.

В холодный период года в помещениях с нормальными условиями теплообмена будут иметь место потери тепла человеческим организмом за счет излучения в сторону более холодных по сравнению с телом человека поверхностей помещения. При нахождении человека в помещении в летнее время, будет иметь место обратный процесс: получение тепла от нагретых солнцем наружных ограждающих конструкций помещения.

Очевидно, ***что температура на поверхности стекла со стороны помещения является определяющей в формировании t срад , и следовательно, – важнейшим условием комфортного состояния находящихся в нем людей является поддержание возможно стабильного ее значения на протяжении всего года.***

Зона соотношения комфортных температур на внутренней поверхности стекла и внутреннего воздуха помещения показана на рис. 4.2.1.1

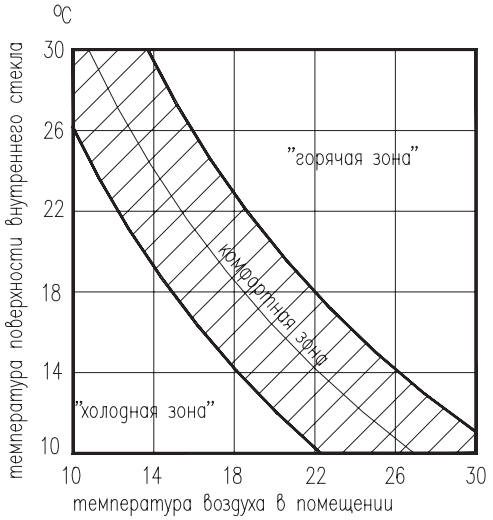


Рис. 4.2.1.1. Зона соотношения комфортных температур на внутренней поверхности стекла и внутреннего воздуха помещения

4.2.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСТЕКЛЕНИЯ, ИСХОДЯ ИЗ ЛЕТНИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ.

Анализируя роль среднерадиационной температуры в формировании микроклимата, необходимо отметить, что этот фактор имеет приоритетную значимость в зимний период. В летнее время гораздо более сильное влияние на условия комфортности человека оказывает «парниковый эффект», связанным с проникновением солнечной радиации через стекло и аккумуляцией поступающего тепла внутри помещения.

Как уже отмечалось выше, обычные оконные стекла и стеклопакеты из таких стекол пропускают до 84% теплового излучения солнца. Мощность теплового излучения солнца вблизи поверхности земли достигает порядка 800 Вт/м^2. Вполне понятно, что такая мощность теплового излучения, значительная часть которого пропускается обычным остеклением, способна привести к ощутимому перегреву помещений в летнее время.

Соответственно, определяющую роль для окон с точки зрения летних условий играют конструктивные мероприятия, обеспечивающие эффективную солнцезащиту. В традиционной терминологии, конструктивные солнцезащитные мероприятия принято делить на элементы пассивной солнцезащиты и элементы активной солнцезащиты. К активной солнцезащите относятся подвижные элементы с изменяемой геометрией: жалюзи, рольставни, маркизы, шторы и т.п. В качестве пассивной солнцезащиты принято рассматривать различные типы солнцезащитного остекления.

За счет установки в стеклопакете солнцезащитных стекол (солнцеотражающих или теплопоглощающих) можно достичь уменьшения величины теплового потока, попадающего через окно в помещение. Если учесть, что такие стекла в видимой части спектра пропускают 75-80% излучения солнца, и только 5-20% в ИК области солнечного излучения, то в соответствии с табл. 4.1.1.1 можно определить *общий затеняющий эффект* **SH**, создаваемый такими стеклами.

В диапазоне длин волн 380 – 760 нм (видимый спектр) **SH** = 53% • 0,80 = **42%**.

В диапазоне длин волн 760 – 2500 нм (ИК спектр) **SH** = 46% • 0,20 = **9%.**

Таким образом, в помещение попадает 42% энергии солнца в видимой части спектра и только 9% в инфракрасной области.

При оценке оптических свойств стеклопакетов в ИК области спектра используется ***коэффициент общего пропускания солнечной энергии (солнечный фактор)*** – q_e, учитывающий суммарные теплопоступления в помещения за счет прямого солнечного излучения и дополнительных теплопоступлений в помещения за счет переизлучения тепла от нагретых поглощенным солнечным теплом стекол стеклопакета.

Справочные значения q_e для наиболее распространенных конструкций стеклопакетов приведены в табл. 4.2.3.5 (см. раздел 4.2.3).

Необходимо отметить, что в условиях большей части территории России задача проектирования солнцезащитного остекления решается для небольшого числа объектов (как правило, имеющих сплошное остекление по фасаду), а определяющими являются зимние условия эксплуатации. Рассмотрим основные задачи проектирования светопрозрачных ограждающих конструкций, исходя из зимних условий, более подробно.

4.2.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСТЕКЛЕНИЯ, ИСХОДЯ ИЗ ЗИМНИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ.

Расчет светопрозрачных конструкций для условий наиболее холодного зимнего периода проводят, исходя из недопустимости переохлаждения помещения.

Основной нормируемой величиной, характеризующей теплозащитные качества ограждающих конструкций, является *сопротивление теплопередаче (термическое сопротивление).* Для оконных блоков, представляющих собой сложную конструкцию, состоящую из нескольких элементов, принято рассматривать *приведенное сопротивление теплопередаче**.

- Понятие ***«приведенное сопротивление теплопередаче»*** вводится для определения теплозащитных качеств ограждающих конструкций, неоднородных в теплотехническом отношении, т. е. имеющих поперечное сечение, состоящее из материалов с различными коэффициентами теплопроводности.

Температурный режим теплофизически однородных конструкций может быть описан одномерным дифференциальным уравнением теплопроводности (формула 4.2.3.1а); для неоднородных конструкций должна быть решена двухмерная или трехмерная задача (формула 4.2.3.1б).

Оконные конструкции (оконные блоки), включающие в себя светопрозрачный элемент – остекление и непрозрачную часть – оконный профиль, с точки зрения строительной теплофизики могут быть однозначно классифицированы как сложные неоднородные ограждающие конструкции.

$$\frac{\varphi^2 T}{\varphi x^2} = \frac{\varphi^2 T}{\varphi t} \qquad (4.2.3.1а)$$

$$\frac{\varphi^2 T}{\varphi x^2} = \frac{\varphi^2 T}{\varphi y^2} = \frac{\varphi^2 T}{\varphi z^2} = \frac{\varphi^2 T}{\varphi t} \qquad (4.2.3.1б)$$

где

T – температура; **x, y, z** – координаты; **t** – время.

В общем виде ***сопротивление теплопередаче (термическое сопротивление)*** *ограждающей конструкции представляет собой величину, характеризующую количество тепла, проходящее через единицу площади поверхности за единицу времени при заданной разнице температур на ее поверхностях.* Иными словами,

$$R=\Delta t/Q \qquad (4.2.3.1)$$

где

R – термическое сопротивление, [м² °С/Вт]

Q – тепловой поток, проходящий через 1 м² сечения за 1 ч, [Вт]

Δt – разница температур на внутренней и наружной поверхности, [°С]

В зарубежной технической литературе в качестве величины, характеризующей теплозащитные качества остекления, приводится величина, обратная сопротивлению теплопередаче, т.е. **K=1/R**. Эта величина называется ***коэффициентом теплопередачи.***

В общем процессе теплообмена через оконный блок, определяющую роль играет светопрозрачное заполнение – стекло или стеклопакет. ***С точки зрения теплотехники, простейший однокамерный стеклопакет представляет собой замкнутую воздушную прослойку, малой толщины по сравнению с площадью ограничивающих поверхностей остекления.***

Теплопередача через воздушные прослойки осуществляется излучением, конвекцией и теплопроводностью. По различным данным структура потерь тепла через однокамерный стеклопакет, заполненный осушенным воздухом, выглядит приблизительно следующим образом: около 65 % за счет излучения, около 20 % за счет теплопроводности (трансмиссионные теплопотери) и около 15 % за счет конвекции.

Схема теплопередачи через конструкцию стеклопакета показана на рис. 4.2.3.1. В центральной части стеклопакета основные потери тепла происходят за счет излучения и конвекции. По мере приближения к краевой зоне, происходит перераспределение структуры теплопотерь в сторону увеличения доли переноса тепла за счет теплопроводности через дистанционную рамку. Непосредственно в краевой зоне стеклопакета потери тепла происходят исключительно за счет высокой теплопроводности дистанционной рамки.

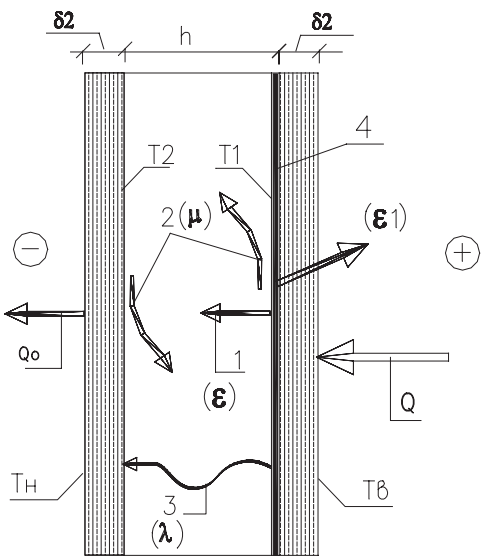


Рис. 4.2.3.1. Схема передачи тепла через однокамерный стеклопакет.

1 – радиация, 2 – конвекция, 3 – теплопроводность; 4 – низкоэмиссионное покрытие, λ – коэффициент теплопроводности, μ – динамическая вязкость*, ε- излучательно-поглощательная способность.

- Применительно к данной задаче, динамическая вязкость μ характеризует сопротивляемость газа движению теплых и холодных струй внутри заполняемого им объема, вызванную неравномерным нагреванием ограничивающих поверхностей. Иными словами, величина μ, в данном случае, отражает способность газа, заполняющего воздушную прослойку, сопротивляться конвективному переносу тепла. Чем меньше μ, тем более интенсивна конвекция.

Теплоизолирующую способность стеклопакетов оценивают по величине ***приведенного сопротивления теплопередаче*** $\mathbf{R_o}$; чем выше эта величина, тем лучшими теплозащитными свойствами обладает стеклопакет. Влияние эффекта краевой зоны, учитываемое в величине приведенного сопротивления, в значительной мере зависит от общей площади стеклопакета и ощутимо при его малых размерах. Для стеклопакетов типовых оконных блоков величина $\mathbf{R_o}$ может быть с достаточной долей достоверности определена расчетным путем, исходя из условий теплообмена в центральной зоне стеклопакета.

Для однокамерного стеклопакета величина **Ro** может быть определена по формуле

$$R_{o}=R_{ст}+R_{вп}+R_{н}+R \qquad (4.2.3.2)$$

где

$\mathbf{R_в=0.12}$, $\mathbf{R_н=0.04}$, [м² °С/Вт] – соответственно сопротивления теплообмену у внутренней и наружной поверхностей остекления

$\mathbf{R_{ст}}$, [м² °С/Вт] – термическое сопротивление стекол

$\mathbf{R_{вп}}$, [м² °С/Вт] – термическое сопротивление воздушной прослойки

Термическое сопротивление стекол в стеклопакете определяется как

$$R_{ст}=\Sigma\delta_i/\lambda_i \qquad (4.2.3.3)$$

где

δ_i – толщина каждого стекла, [м]

λ_i – коэффициент теплопроводности стекол, равный для силикатного стекла 0.76 [Вт/(м°С)]

Величина Rст показывает долю теплопотерь, теряемую непосредственно через стекла за счет теплопроводности. Поскольку объемный вес стекла, равный по значению объемному весу железобетона, высок (G = 2500 кг/м³), его коэффициент теплопроводности имеет также высокое значение (λ = 0, 76 Вт/м °С). Соответственно при толщине стекла 4 … 6 мм (0.004 … 0.006 м), величина $\boldsymbol{R_{ст}}$ будет колебаться в пределах **0.005 – 0.02 м² °С/Вт**, что не может оказывать существенного влияния на теплоизоляционные свойства стеклопакета. ***При этом величину $R_{ст}$ не следует путать с теплозащитными качествами низкоэмиссионных стекол.***

Таким образом, толщина стекол, устанавливаемых в стеклопакет, не оказывает никакого влияния на его теплоизоляционные свойства; а наружное остекление в одно стекло может быть запроектировано исключительно для неотапливаемых помещений – холодных балконов, витрин и т.п.

Определяющую роль в теплозащитных свойствах стеклопакета играют две другие составляющие теплообмена – излучение и конвекция (см. рис.4.2.3.1).

С учетом того, что величина $\boldsymbol{R_{ст}}$ близка к нулю, общее термическое сопротивление стеклопакета может быть определено, исходя из формулы

$$R_о = R_в + \sum R_{вп} + R_н = \sum R_{вп} + 0{,}16 \qquad (4.2.3.4)$$

Сопротивление теплопередаче одной воздушной прослойки определится как

$$R_{вп} = 1 / K_{вп} = 1 / \left(K_{кон} + K_{из}\right) \qquad (4.2.3.5)$$

где

$\mathbf{K_{вп}}$ – коэффициент теплопередачи воздушной прослойки;

$\mathbf{K_{кон}}$ – коэффициент теплопередачи воздушной прослойки за счет конвекции и теплопроводности газа, заполняющего прослойку;

$\mathbf{K_{из}}$ – коэффициент теплопередачи воздушной прослойки за счет излучения

Коэффициент теплопередачи воздушной прослойки за счет конвекции и теплопроводности газа, заполняющего прослойку, может быть определен как

$$K_{кон} = Nu\left(\delta/\lambda\right) \qquad (4.2.3.6)$$

где

Nu – число Нуссельта, определяющее характер теплообмена внутри воздушной прослойки (конвективный или кондуктивный (за счет теплопроводности) перенос тепла). Если **Nu=1**, то теплообмен в прослойке определяется только теплопроводностью, т.е. $\mathbf{K_{кон}} = \delta/\lambda$.

Для удобства расчетов коэффициент Kкон можно определять по табл. 4.2.3.2 с учетом толщины воздушной прослойки и теплофизических характеристик заполняющих газов.

Табл. 4.2.3.1

Теплотехнические характеристики газов, применяемых для заполнения стеклопакетов [64]

Газ	**T, °C**	**Плотность ρ кг/м³**	**Теплопроводность $\lambda \cdot 10^{-2}$ Вт/(м • К)**	**Динамическая вязкость $\mu \cdot 10^{-5}$ кг/(м • с)**	**Теплоемкость C Дж/(кг • К)**
Воздух	-10	1.326	2.366	1.661	1.008
	0	1.277	1.711	2.416	
	+10	1.232	2.496	1.761	
	+20	1.189	2.576	1.811	
Аргон (Ar)	-10	1.829	1.584	2.038	0.519
	0	1.762	1.634	2.101	
	+10	1.699	1.684	2.164	
	+20	1.640	1.734	2.228	
Криптон (Kr)	-10	3.832	0.842	2.260	0.245
	0	3.690	0.870	2.330	
	+10	3.560	0.900	2.400	
	+20	3.430	0.926	2.470	
Гексафторид серы (SF_6)	-10	6.844	1.119	1.383	0.614
	0	6.602	1.197	1.421	
	+10	6.360	1.275	1.459	
	+20	6.118	1.354	1.497	

Табл. 4.2.3.2

Коэффициент теплопередачи воздушных прослоек, заполняемых различными газами за счет конвекции и теплопроводности

Газ, заполняющий межстекольное пространство	**$K_{кон}$ [Вт/ м² К] при толщине воздушной прослойки h, [мм]**			
	6	9	12	15
Воздух	2.40	1.98	1.70	1.64
SF_6	2.02	1.96	1.93	1.89
Ar	1.99	1.61	1.41	1.37
Kr	1.39	1.17	1.15	1.13

Коэффициент теплообмена за счет излучения определяется как

$$K_{из} = q_{из} / \Delta t \qquad (4.2.3.7)$$

где $\mathbf{q_{из}}$ – тепловой поток, проходящий через стеклопакет за счет излучения при разности температур на его поверхностях, равной $\Delta\mathbf{t}$. При этом величина $\mathbf{q_{из}}$ может быть определена как

$$q_{из} = \varepsilon_{пр\ 1\text{-}2} \left[\left(T_1/100\right)^4 - \left(T_2/100\right)^4 \right] \qquad (4.2.3.8)$$

где

$\mathbf{C_0}$ = 5.67 [Вт/м²К⁴]. – постоянная Стефана – Больцмана

$\mathbf{T_1}$ и $\mathbf{T_2}$ – абсолютные температуры обменивающихся теплом поверхностей, **[K]**

f – коэффициент облученности (безразмерная величина); в данном случае **f = 1**

$\varepsilon_{пр\ 1\text{-}2}$ – (безразмерная величина) приведенная излучательная способность при теплообмене между двумя поверхностями, определяемая как $\varepsilon_{пр\ 1\text{-}2} = \varepsilon_1 \bullet \varepsilon_2$, где

ε_1 и ε_2 – соответственно излучательно – поглощательные способности поверхностей 1 и 2 (см. раздел 4.1).

Наибольший интерес с точки зрения практического применения в уравнении (4.2.3.8) представляет величина излучательно – поглощательной способности $\varepsilon_{пр\ 1\text{-}2}$. Чем меньше $\varepsilon_{пр\ 1\text{-}2}$ (а соответственно, и ε_1 и ε_2), тем меньшее количество тепла уйдет в сторону менее нагретой поверхности, а термическое сопротивление стеклопакета соответственно возрастет.

Для чистого оконного стекла величина излучательной способности составляет ε=0.84. Для большинства металлов изменяется в пределах 0.02-0.04. Идея применения стекол с низкоэмиссионным покрытием, основу которого составляют металлы (см.главу 3), связана с понижением величины ε, приводящему к понижению количества тепла, передаваемого за счет радиации. Большинство таких стекол имеют излучательную способность порядка ε= 0.1 – 0.2.

Как видно из формулы (4.2.3.7), $\mathbf{K_{из}}$ зависит от температуры поверхностей, между которыми происходит теплообмен излучением. Однако, для практических инженерных расчетов достаточно определить зависимость величины $\mathbf{K_{из}}$ от излучательной способности внутреннего стекла стеклопакета, т.е. величины ε_1, согласно табл. 4.2.3.4.

Табл. 4.2.3.4

Зависимость величины $К_{из}$ от излучательной способности внутреннего стекла стеклопакета

ε_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
$\mathbf{К_{из}}$ [Вт/м^2 К]	0.50	1.0	1.46	1.90	2.34	2.76	3.17	3.55

На основании табл.4.2.3.4 можно приближенно рассчитать, насколько изменится сопротивление теплопередаче стеклопакета при замене в нем внутреннего обычного стекла, имеющего излучательную способность ε_1=**0.84** на низкоэмиссионное стекло с излучательной способностью ε_1=**0.10.**

Если в первом случае теплопотери через остекление за счет излучения составят порядка 70%, то во втором они уменьшатся до 10%, а общее термическое сопротивление стеклопакета возрастет в 2–2.5 раза.

Как показывают данные проведенных исследований, при толщине воздушной прослойки до 8 мм, конвекция воздуха будет затруднена. Характер изменения термического сопротивления стеклопакета $\mathbf{R_0}$ в зависимости от толщины воздушной прослойки показан на рис. 4.2.3.2. Из графика видно, что при толщине прослойки до 8 мм общее сопротивление стеклопакета увеличивается пропорционально увеличению ее толщины. При этом $\mathbf{К_{кон}}$ (формула 4.2.3.6) определяется, исходя чисто из условий теплопроводности $\mathbf{К_{кон}} = \delta/\lambda$ воз, где $\lambda_{воз}$ – коэффициент теплопроводности воздуха.

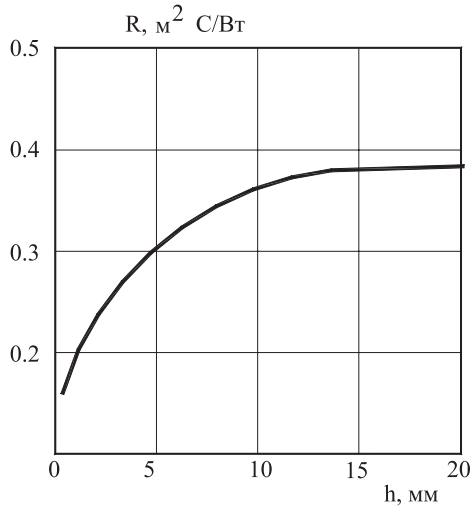


Рис. 4.2.3.2 Зависимость сопротивления теплопередаче стеклопакета от толщины воздушной прослойки

С увеличением толщины воздушной прослойки конвективный теплообмен в ней становится более интенсивным, а доля передачи тепла за счет теплопроводности уменьшается. При этом увеличение толщины прослойки уже не приводит к росту ее термического сопротивления. Из рис. 4.2.3.2 видно, что увеличение толщины воздушной прослойки свыше 8 мм незначительно влияет на изменение теплоизолирующих свойств стеклопакета, а при толщине прослойки более 20 мм $\mathbf{R_0}$ почти не изменяется. Следовательно, *в теплотехническом отношении, наиболее выгодно использовать стеклопакеты с воздушной прослойкой* ***12-20мм,*** *что соответствует максимально возможному сопротивлению* $\boldsymbol{R_{вп}}$.

Приближенный расчет термического сопротивления стеклопакетов можно производить на основании данных табл. 4.2.3.3 и табл. 4.2.3.4

ПРИМЕР.

Рассчитать термическое сопротивление однокамерного стеклопакета 4F–12 Ar–4K.

По табл. 4.2.3.3 принимаем $\mathbf{К_{кон}}$ **= 1.41** [Вт/м^2 К] ($h_{вп}$ = 12мм, Ar)

По табл. 4.2.3.4. принимаем $\mathbf{K_{и}з = 1.0}$ [Вт/м^2 К] (ε_1=0.20)
По формуле (4.2.3.4)
$\mathbf{R_{вп} = 1/K_{вп} = 1/(K_{кон} + K_{из}) = 1/(1.41 + 1.0) = 0.415}$
По формуле (4.2.3.5)
Ro = Rв + Rвп + Rн = Rвп + 0.16 = 0.415 +0.16 = 0.575 [м^2 °С/Вт]

В табл. 4.2.3.5 приведены справочные значения $\boldsymbol{R_o}$ для наиболее распространенных конструкций стеклопакетов. Значения $\boldsymbol{R_o}$, содержащиеся в табл. 4.2.3.5, определены с использованием расчетной методики международного стандарта ***PrEN 410 «Glass in building – Determination of luminous and solar characteristics of glazing»*** («Стекло в строительстве – определение характеристик пропускания видимого света и солнечного излучения») и данных лабораторных испытаний, проведенных в российских испытательных центрах. Для удобства использования непосредственно при проектировании систем остекления, в табл. 4.2.3.5 приведены также значения коэффициентов пропускания видимого света, инфракрасного излучения и солнечного фактора.

Табл. 4.2.3.5

Справочные значения оптических и теплотехнических характеристик наиболее распространенных конструкций стеклопакетов (согласно прил. а (справочному) гост 24866-99)

	Коэффициент пропускания света в видимой части спектра	Коэффициент поглощения света в видимой части спектра	Коэффициент пропускания прямого солнечного излучения	Коэффициент поглощения прямого солнечного излучения	Коэффициент общего пропускания солнечной энергии	Приведённое сопротивление теплопередаче **Ro**, (м^2·°С)/Вт
Обозначения pr EN410	τ_v (t_1)	α_v	τ_e	α_e	q	
1	2	3	4	5	6	7
Варианты остекления						
4M_1-8-4M_1	0,80	0,06	0,68	0,21	0,78	0,28
4M_1-10-4M_1	0,80	0,06	0,68	0,21	0,78	0,29
4M_1-12-4M_1	0,80	0,06	0,68	0,21	0,78	0,30
4M_1-16-4M_1	0,80	0,06	0,68	0,21	0,78	0,32
4M_1-Ar8-4M_1	0,80	0,06	0,68	0,21	0,78	0,30
4M_1-Ar10-4M_1	0,80	0,06	0,68	0,21	0,78	0,31
4M_1-Ar12-4M_1	0,80	0,06	0,68	0,21	0,78	0,32
4M_1-Ar16-4M_1	0,80	0,06	0,68	0,21	0,78	0,34
4M_1-8-K4	0,75	0,08	0,60	0,26	0,76	0,47
4M_1-10-K4	0,75	0,08	0,60	0,26	0,76	0,49
4M_1-12-K4	0,75	0,08	0,60	0,26	0,76	0,51
4M_1-16-K4	0,75	0,08	0,60	0,26	0,76	0,53
4M_1-Ar8-K4	0,75	0,08	0,60	0,26	0,76	0,53

Табл. 4.2.3.5 (Продолжение)

1	2	3	4	5	6	7
4М_1-Ar10-К4	0,75	0,08	0,60	0,26	0,76	0,55
4М_1-Ar12-К4	0,75	0,08	0,60	0,26	0,76	0,57
4М_1-Ar16-К4	0,75	0,08	0,60	0,26	0,76	0,59
4М_1-8-И4	0,73	0,14	0,41	0,24	0,51	0,51
4М_1-10-И4	0,73	0,14	0,41	0,24	0,51	0,53
4М_1-12-И4	0,73	0,14	0,41	0,24	0,51	0,56
4М_1-16-И4	0,73	0,14	0,41	0,24	0,51	0,59
4М_1-Ar8-И4	0,73	0,14	0,41	0,24	0,51	0,57
4М_1-Ar10-И4	0,73	0,14	0,41	0,24	0,51	0,60
4М_1-Ar12-И4	0,73	0,14	0,41	0,24	0,51	0,63
4М_1-Ar16-И4	0,73	0,14	0,41	0,24	0,51	0,66
4М_1-6-4М_1-6-4М_1	0,72	0,09	0,56	0,29	0,72	0,42
4М_1-8-4М_1-8-4М_1	0,72	0,09	0,56	0,29	0,72	0,45
4М_1-10-4М_1-10-4М_1	0,72	0,09	0,56	0,29	0,72	0,47
4М_1-12-4М_1-12-4М_1	0,72	0,09	0,56	0,29	0,72	0,49
4М_1-16-4М_1-16-4М_1	0,72	0,09	0,56	0,29	0,72	0,52
4М_1-Ar6-4М_1-Ar6-4М_1	0,72	0,09	0,56	0,29	0,72	0,44
4М_1-Ar8-4М_1-Ar8-4М_1	0,72	0,09	0,56	0,29	0,72	0,47
4М_1-Ar10-4М_1-Ar10-4М_1	0,72	0,09	0,56	0,29	0,72	0,49
4М_1-Ar12-4М_1-Ar12-4М_1	0,72	0,09	0,56	0,29	0,72	0,52
4М_1-Ar16-4М_1-Ar16-4М_1	0,72	0,09	0,56	0,29	0,72	0,55
4М_1-6-4М_1-6-К4	0,68	0,11	0,50	0,34	0,72	0,53
4М_1-8-4М_1-8-К4	0,68	0,11	0,50	0,34	0,72	0,55
4М_1-10-4М_1-10-К4	0,68	0,11	0,50	0,34	0,72	0,58
4М_1-12-4М_1-12-К4	0,68	0,11	0,50	0,34	0,72	0,61
4М_1-16-4М_1-16-К4	0,68	0,11	0,50	0,34	0,72	0,65
4М_1-Ar6-4М_1-Ar6-К4	0,68	0,11	0,50	0,34	0,72	0,60
4М_1-Ar8-4М_1-Ar8-К4	0,68	0,11	0,50	0,34	0,72	0,62
4М_1-Ar10-4М_1-Ar10-К4	0,68	0,11	0,50	0,34	0,72	0,65
4М_1-Ar12-4М_1-Ar12-К4	0,68	0,11	0,50	0,34	0,72	0,68
4М_1-Ar16-4М_1-Ar16-К4	0,68	0,11	0,50	0,34	0,72	0,72
4М_1-6-4М_1-6-И4	0,66	0,17	0,34	0,35	0,5	0,59
4М_1-8-4М_1-8-И4	0,66	0,17	0,34	0,35	0,5	0,61
4М_1-10-4М_1-10-И4	0,66	0,17	0,34	0,35	0,5	0,64
4М_1-12-4М_1-12-И4	0,66	0,17	0,34	0,35	0,5	0,68
4М_1-16-4М_1-16-И4	0,66	0,17	0,34	0,35	0,5	0,72
4М_1-Ar6-4М_1-Ar6-И4	0,66	0,17	0,34	0,35	0,5	0,64
4М_1-Ar8-4М_1-Ar8-И4	0,66	0,17	0,34	0,35	0,5	0,67
4М_1-Ar10-4М_1-Ar10-И4	0,66	0,17	0,34	0,35	0,5	0,71
4М_1-Ar12-4М_1-Ar12-И4	0,66	0,17	0,34	0,35	0,5	0,75
4М_1-Ar16-4М_1-Ar16-И4	0,66	0,17	0,34	0,35	0,5	0,80

Примечание:
Значения приведённого сопротивления теплопередаче приняты исходя из размеров 1,0х1,0м и коэффициентов эмиссии: 0,16-0,18 – для твёрдого покрытия (К – «твёрдое» покрытие); 0,06-0,08 – для мягкого покрытия («И» – мягкое покрытие).

4.2.4. ТЕПЛОПОТЕРИ ЧЕРЕЗ ОСТЕКЛЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ ПОД УГЛОМ К ГОРИЗОНТУ.

Выше были описаны процессы теплообмена, учитываемые в расчетах при проектировании стандартного оконного остекления, расположенного вертикально. При проектировании остекления поверхностей, расположенных горизонтально или под углом к горизонту (мансардные окна, стеклянные крыши зимних садов и т.п.), необходимо учитывать ***тепловое излучение стекла в сторону небосвода,*** которое может привести к выпадению конденсата на наружной поверхности или образованию наледи (преимущественно в ночное время). Как показывает российский опыт эксплуатации современных окон, на вертикально расположенных однокамерных пакетах (даже несмотря на относительно малое термическое сопротивление) практически никогда не образуется наледь. Однако, стоит такой пакет установить в наклонное мансардное окно или в крышу зимнего сада – образование инея становится скорее правилом, чем исключением (рис. 4.2.4.1).



Рис. 4.2.4.1. Образование конденсата на наружной поверхности мансардного окна.

На рис. 4.2.4.2 приведены данные экспериментальных измерений теплопотерь в ночное время через стеклопакет, имеющий термическое сопротивление $\mathbf{R_0}$ =1.1 м^2 °С/Вт и установленный под углом 30° к горизонту. Излучательная способность наружного стекла, обращенного в сторону небосвода, ε = 0.84.

В случае безоблачного неба наружное стекло теряет тепло излучением непосредственно в тропосферу, температура которой для условий Центральной Европы составляет – 60 °С. Температура облаков, закрывающих тропосферу в облачную погоду, значительно выше, что, как видно из рис. 4.2.4.2, снижает теплопотери.

Вместе с тем их величина достаточно значительна (порядка 40 Вт/м^2), что не позволяет в данном случае использовать для теплотехнического расчета те же формулы, что и для вертикального остекления.

Как видно из рис. 4.2.4.2, при установке стеклопакета в наклонном положении теплопотери в сторону небосвода достаточно велики даже при очень высоком термическом сопротивлении (**R_0=1.1** м^2 °С/Вт). С этой точки зрения действенной мерой может служить установка в таком пакете наружного низкоэмиссионного стекла с «жестким» покрытием, обращенным наружу, а не во внутреннюю полость (как это принято в стандартном варианте).

Другим решением может служить применение электроподогреваемых стеклопакетов, в которых металлическое (или полупроводниковое) покрытие стекол работает по принципу электрического сопротивления. При этом электроэнергия частично переходит в тепловую энергию, и стекла пакета нагреваются. Стекла, используемые в электроподогреваемых стеклопакетах, как правило, следует подвергать закалке во избежание их разрушения под действием тепловых нагрузок.

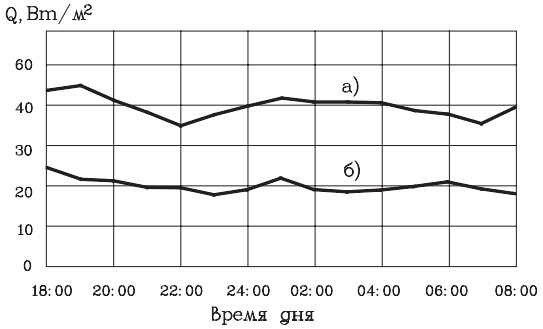


Рис. 4.2.4.2. Данные экспериментальных измерений теплопотерь в ночное время через стеклопакет, установленный под углом 30° к горизонту. Климатические условия – Центральная Европа.
а) чистое небо; б) облачное небо.

Как показали лабораторные измерения, коэффициент полезного действия мощности, направленной на обогрев стеклопакетов, составляет около 90%. При этом мощность нагрева определяется, исходя из конкретно решаемой задачи и может быть в пределах 1,50…100 Вт/м^2.

Кроме наклонного остекления электроподгреваемые стеклопакеты могут быть также использованы и для ряда других целей, таких как:

– предотвращение образования неконтролируемых потоков холодных воздушных масс, вызванных разницей между температурой комнатного воздуха и температурой поверхности внутреннего оконного стекла;
– предотвращение конденсации водяного пара, содержащегося в воздухе, на поверхности холодного стекла;
– использование в качестве дополнительного источника тепла в летних постройках; и др.

4.3. НОРМИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОКОН.

4.3.1. ТРЕБУЕМЫЙ УРОВЕНЬ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ОКОННЫХ БЛОКОВ.

Как уже было отмечено ранее, оконные блоки состоят из светопрозрачного материала и обрамляющих его элементов. При этом характер теплообмена принципиально различен для остекления и элементов непрозрачной части – коробки и переплетов (рамы и створки).

В соответствии со СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», приведенное сопротивление теплопередаче оконных блоков нормируется в зависимости от показателя «градусосутки отопительного периода» (табл.4.3.1.1).

Табл.4.3.1.1

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче окон, балконных дверей, витрин и витражей (в соответствии с табл. 4 снип 23-02-2003)*

Здания и помещения, коэффициенты *a* и *b*	°С· сут.	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче R_{req}, (м²·°С)/Вт, ограждающих конструкций	
		Стен	Окон и балконных дверей, витрин и витражей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы-интернаты, гостиницы и общежития	2000 4000 6000 8000 10000 12000	2,1 2,8 3,5 4,2 4,9 5,6	0,3 0,45 0,6 0,7 0,75 0,8
a	-	0,00035	для интервала до 6000 °С·сут: *a = 0, 000075* для интервала до 6000-8000 °С·сут: *a = 0, 000050* для интервала >8000 °С·сут: *a = 0, 000025*
b	-	1,4	для интервала до 6000 °С·сут: *b = 0, 15* для интервала до 6000-8000 °С·сут: *b = 0, 30* для интервала >8000 °С·сут: *b = 0, 50*
2. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимом	2000 4000 6000 8000 10000 12000	1,8 2,4 3,0 3,6 4,2 4,8	0,3 0,45 0,5 0,6 0,75 0,8
a	-	0,0003	0,000025
b	-	1,2	0,25

Примечание.

* Значения $\mathbf{R_{reg}}$ для величин **Dd**, отличающихся от табличных, следует определять по формуле:

$$R_{reg} = a \cdot Dd + b \qquad (4.3.1.1)$$

где

Dd – градусо-сутки отопительного периода для конкретного пункта;

a и **b** – коэффициенты, значения которых принимаются по табл. 4.3.1.1 для соответствующих групп зданий и конструкций.

** Допускается в отдельных случаях, связанных с конкретными конструктивными решениями заполнений оконных и других проемов, применять конструкции окон и балконных дверей с приведенным сопротивлением теплопередаче на 5 % ниже установленного в таблице.

Градусосутки отопительного периода **Dd** определяют согласно п. 5.3 СНиП 23-02-2003, по формуле:

$$Dd = \left(t_{int} - t_{ht}\right) \cdot Z_{ht} \qquad (4.3.1.2)$$

где

$\mathbf{t_{int}}$ – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания (помещения) [°С], принимаемая:

• ***для зданий группы 1*** (табл.4.3.1.1): по минимальным значениям оптимальной температуры по ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» (в интервале 20-22 °С);

• ***для зданий группы 2*** (табл.4.3.1.1): по минимальным значениям оптимальной температуры по ГОСТ 30494-96;

$\mathbf{t_{ht}}$ и $\mathbf{Z_{ht}}$ – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность отопительного периода [сут], принимаемые по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более: 10 °С – при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых; 8 °С – в остальных случаях.

В инженерных расчетах, фактическое приведенное сопротивление теплопередаче окна $\mathbf{R_0^{пр}}$ приближенно может быть определено по формуле

$$R_o^{пр} = \frac{R_o^{ос} Fос + R_o^{пер} Fпер}{Fос + Fпер} \qquad (4.3.1.3)$$

где

Fос и **Fпер** – площади остекления и непрозрачной части (рамы и переплета), [м^2]

$\mathbf{R_0^{ос}}$ – сопротивление теплопередаче остекления, [м^2 °С/Вт]

$\mathbf{R_0^{пер}}$ – сопротивление теплопередаче непрозрачной части (рамы и переплета), [м^2 °С/Вт]

При этом значения сопротивлений теплопередаче стеклопакетов могут быть приняты на основании табл.4.2.3.5 (см.раздел 4.2), а данные по сопротивлению теплопередаче оконных профилей – на основании технических каталогов производителей профильной системы.

Точное значение приведенного сопротивления теплопередаче оконного блока может быть получено на основании лабораторных испытаний, а также путем численного моделирования с использованием специальных расчетных программ.

ПРИМЕР.

Рассчитать приведенное сопротивление теплопередаче оконного блока из ПВХ, размером 1.2 х 1.8 м, изготовленного из профилей системы **Veka Euroline** и установленного в жилой комнате квартиры. Стеклопакет – двухкамерный 4М_1 – 12 – 4М_1 – 12 – 4М_1. Район строительства – **г. Москва.**

1. Термическое сопротивление пакета профилей $\mathbf{R_0^{пер}=0.64\ м^2\ °C/Вт}$ [5]
2. Ширина пакета профилей (коробка +створка) – d=123.5 мм (рама 67 мм, створка 82.5 мм – (рис. 4.3.1.1).
3. Площадь непрозрачной части:
   Fпер = (0.123 • 1.8) • 2 + (0.123 • ((1.2 – 0.123) • 2)) = 0.442 + 0.265 = 0.71 м²

1. Термическое сопротивление стеклопакета – $\mathbf{R_0 = 0.53\ м^2\ °C/Вт}$ (табл.4.2.3.5).
2. Площадь остекления **Fос = (1.8 • 1.2) – 0.71 = 1.45 м²**

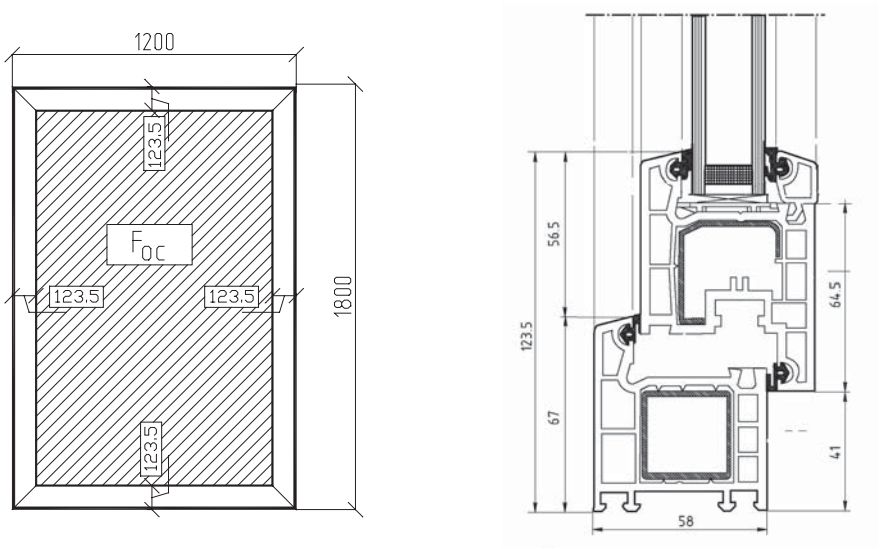


Рис 4.3.1.1. К расчету приведенного термического сопротивления окна.

3. Для **г. Москвы** в соответствии с табл.1 СНиП 23-01-99:
   • продолжительность отопительного периода $\boldsymbol{Z_{ht}}$ **= 214 сут**;
   • средняя температура отопительного периода $\boldsymbol{t_{ht}}$ **= – 3.1 °С**;
   • температуру внутреннего воздуха помещения принимаем $\boldsymbol{t_{int}}$ **= + 22 °С** согласно ГОСТ 30494-96.
4. По формуле (4.3.1.2) находим
   $\boldsymbol{Dd = (t_{int} – t_{ht})\ Z_{ht} = (\ 22 – (– 3.1)) • 214 = 5371}$
   По формуле (4.3.1.1) и табл.4.3.1.1 находим
   Rreg = a • Dd + b = 0,000075 x 5371 + 0,15 = 0,553 м 2 °С/ Вт
5. Подставляя значения в формулу (4.3.1.3), получаем

$$\mathbf{R_0^{пр}= \frac{0.53x1.45 + 0.64\ x0.71}{1.45 + 0.71} = 0.57\ м^2\ °C/Вт.}$$

6. Для наглядности результаты расчета могут быть сведены в таблицу

Fпер	$R_0^{пер}$	Fос	$R_0^{ос}$	$R_0^{ос}$ Fос + $R_0^{пер}$ F пер	$R_0^{пр}$
0.71	0.64	1.45	0.53	0.59 • 071 + 0.53 • 1.45	0.57

7. ***Вывод.*** По предварительным расчетам, окно заданной конструкции удовлетворяет нормативным требованиям по теплозащите.

4.3.2. ТЕМПЕРАТУРА ТОЧКИ РОСЫ (УСЛОВИЯ ВЫПАДЕНИЯ КОНДЕНСАТА).

Помимо определения непосредственно термического сопротивления окон, регламентируемого соответствующими нормативными документами, необходимо прогнозировать *температуру воздуха, при которой будет происходить запотевание окон и выпадение на них конденсата.*

Согласно п. 5.10. СНиП 23-02-2003, температура внутренней поверхности остекления окон должна быть не ниже 3 °С, а непрозрачных элементов окон – не ниже температуры точки росы при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период года.

Для прогнозирования возможности выпадения конденсата в центральной зоне стеклопакета со стороны помещения можно использовать инженерные методы, основанные на использовании кривой влажности (рис. 4.3.2.1) и специальных диаграмм, содержащихся в технических каталогах производителей профильной системы (рис. 4.3.2.2).

Парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе помещения (абсолютная влажность внутреннего воздуха ***e*в**) зависит от температуры внутреннего воздуха **tв** и относительной его влажности φ в как

$$eb=E\left(t\right)\varphi \qquad (4.3.2.1)$$

Зависимость (4.13) представлена в графическом виде на рис. 4.3.2.1.

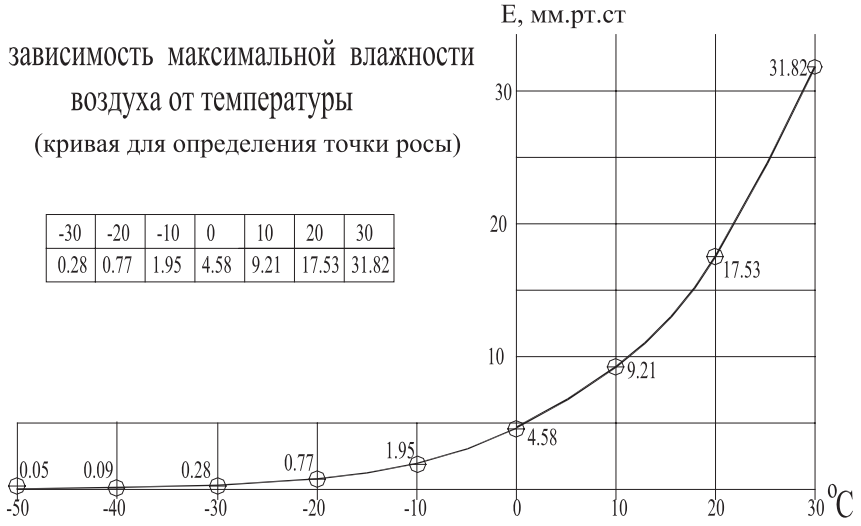


Рис. 4.3.2.1. График для определения температуры точки росы (кривая влажности).

При низкой температуре наружного воздуха, температура на внутренней поверхности остекления ($\tau_{в.п.}$), окажется существенно ниже температуры воздуха внутри помещения (в середине помещения на высоте 1.5м от пола). В этом случае предельное значение парциального давления водяного пара ***E***, соответствующее температуре $\tau_{в.п.}$, может

быть ниже, чем расчетное ***e*в=f(tв,** φ**в)**, что приведет к выпадению «лишнего» водяного пара на холодной внутренней поверхности остекления в виде конденсата или изморози. Значение температуры, при котором ***E= f (***$\tau_{в.п.}$***)*** и ***e*в=f(tв,** φ**в)** будут равны, соответствует температуре точки росы.

ПРИМЕР 1.

Определить вероятность выпадения конденсата на внутренней поверхности однокамерного стеклопакета (в центральной зоне) 4–12-4, установленного в помещении с температурой внутреннего воздуха **tв = 20 °C** и влажностью внутреннего воздуха φ**в = 60 %**, при условии что наружная температура падает до значения **tн = –30 °C.**

1. По табл.4.2.3.5 (см. раздел 4.2) находим сопротивление теплопередаче однокамерного стеклопакета 4-12-4 : **R = 0.30** м^2 °C/Вт.

2. Определяем точку росы (температуру выпадения конденсата на внутренней поверхности остекления) при температуре внутреннего воздуха в помещении tв = 200C и относительной влажности φ**в = 60 %**.

В соответствии с рис. 4.3.2.1 предельное значение парциального давления водяного пара E при температуре **tв = 20 °C** равно 17.53 мм.рт.ст. Согласно уравнению (4.3.2.1), абсолютная влажность воздуха e = E(t) f =17.53 x 0.6=10.52 мм.рт.ст., что (согласно графику рис. 4.3.2.1) соответствует температуре точки росы **t = 12.0 °C**.

3. Определяем температуру τ в.п. на внутренней поверхности стеклопакета при понижении температуры наружного воздуха до – 30 °C. Полный температурный перепад между наружным и внутренним воздухом (в центре помещения) в этом случае равен:

ΔT=Tв – Tн = 20 + 30 =50 °C.

Исходя из того, что падение температуры в толще ограждающей конструкции изнутри помещения наружу пропорционально изменению ее термического сопротивления, мы можем вычислить, насколько упадет температура внутреннего воздуха в приграничном слое у внутреннего стекла стеклопакета:

Δt в = (ΔT / Ro) • Rв*, получаем **Δtв = (50/0.35) • 0.12 = 17.1 °C**

*То же, что в формуле 4.2.3.2 (см. раздел 4.2)

Температура на внутренней поверхности стеклопакета будет равна

$\tau_{в.п.}$= 20 – 17.1= + 2.9 °C, что существенно ***ниже температуры точки росы*** для данного помещения, определенной выше в п.2: **t =12.0 °C**.

Таким образом, *температура на внутренней поверхности однокамерного стеклопакета,* установленного в помещении с температурой внутреннего воздуха **tв = 20 °C** и влажностью внутреннего воздуха φ**в = 60 %**, при условии падения наружной температуры до значения **tн = -30 °C**, *будет существенно ниже температуры точки росы, что приведет к выпадению обильного конденсата и образованию наледи на стекле изнутри помещения.*

ПРИМЕР 2.

Определить температуру точки росы для помещения со следующими параметрами внутреннего микроклимата: **tв = 20 °С**, φ**в = 60 %**. В помещении установлен однокамерный стеклопакет 4–12-4 с коэффициентом теплопередачи **К= 2.6 Вт/м² °С** (или термическим сопротивлением **R= /K=1/2.6 = 0.38 м² °С/Вт**).

На верхней диаграмме (рис. 4.3.2.2) линию «относительная влажность воздуха» 60% проводим горизонтально до пересечения с кривой **К=2.6**. От этой точки опускаем перпендикуляр до пересечения с горизонтальной линией «температура помещения 20 °С» на нижней диаграмме.

После этого проводят линию, параллельно кривым направо вниз до пересечения с осью “наружная температура”. Получаем, что точка росы (выпадение конденсата на внутренней поверхности остекления) происходит при температуре наружного воздуха 0 °С.

Приведенные выше примеры удобны для применения в практических задачах, особенно для прогнозирования выпадения конденсата в тех помещениях, где устанавливаются стеклопакеты с заведомо заниженным термическим сопротивлением (с целью сокращения единовременных затрат на окна). Такой режим может быть приемлем для некоторых промышленных предприятий, автостоянок, торговых комплексов и т.п., иными словами, для помещений не предназначенных для постоянного пребывания людей.

Вместе с тем, приближенные инженерные методы далеко не в полной мере отражают характер физических процессов, имеющих место в остеклении. Как правило, наибольшее число рекламаций к оконным фирмам связано с промерзанием краевой зоны стеклопакета, особенно в нижней части окна.

Для прогнозирования таких ситуаций, а также для точного определения теплозащитных характеристик профильной системы, рекомендуется проводить расчет двухмерных температурных полей в комбинации рама-створка-стеклопакет. Пример таких расчетов для ПВХ-окон, изготовленных из профилей VEKA Euroline и VEKA Softline, приведен на цветной вклейке.

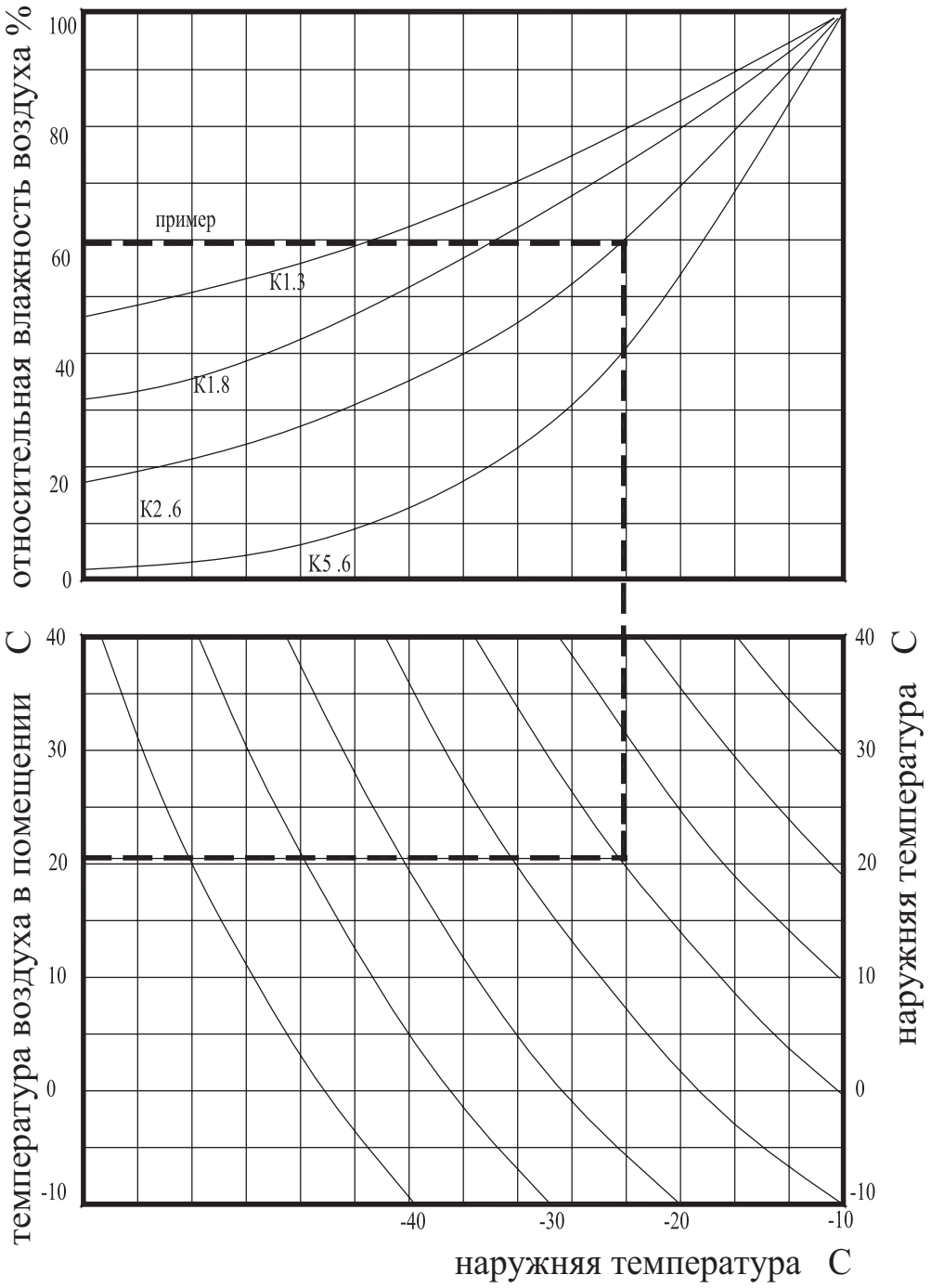
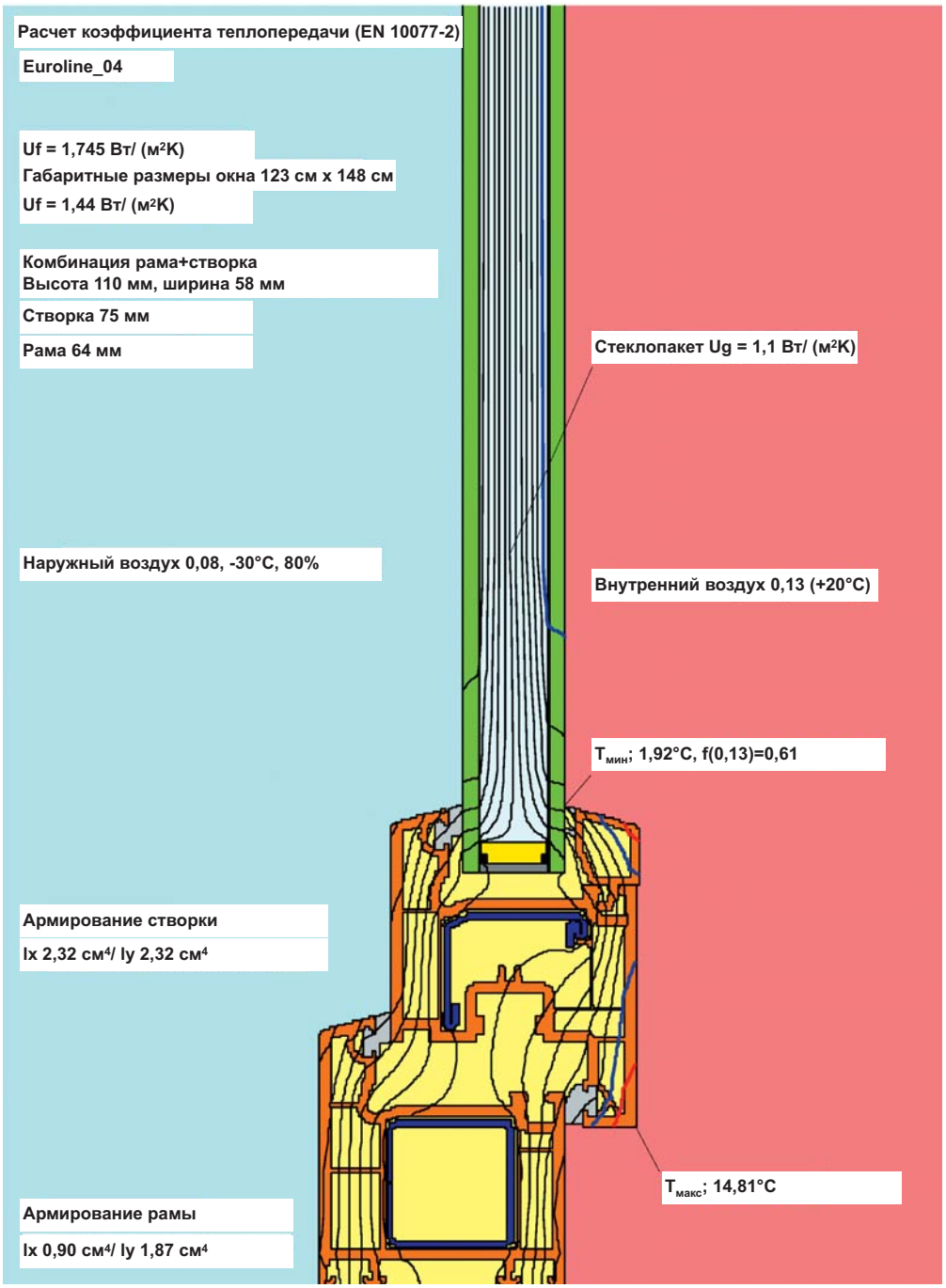
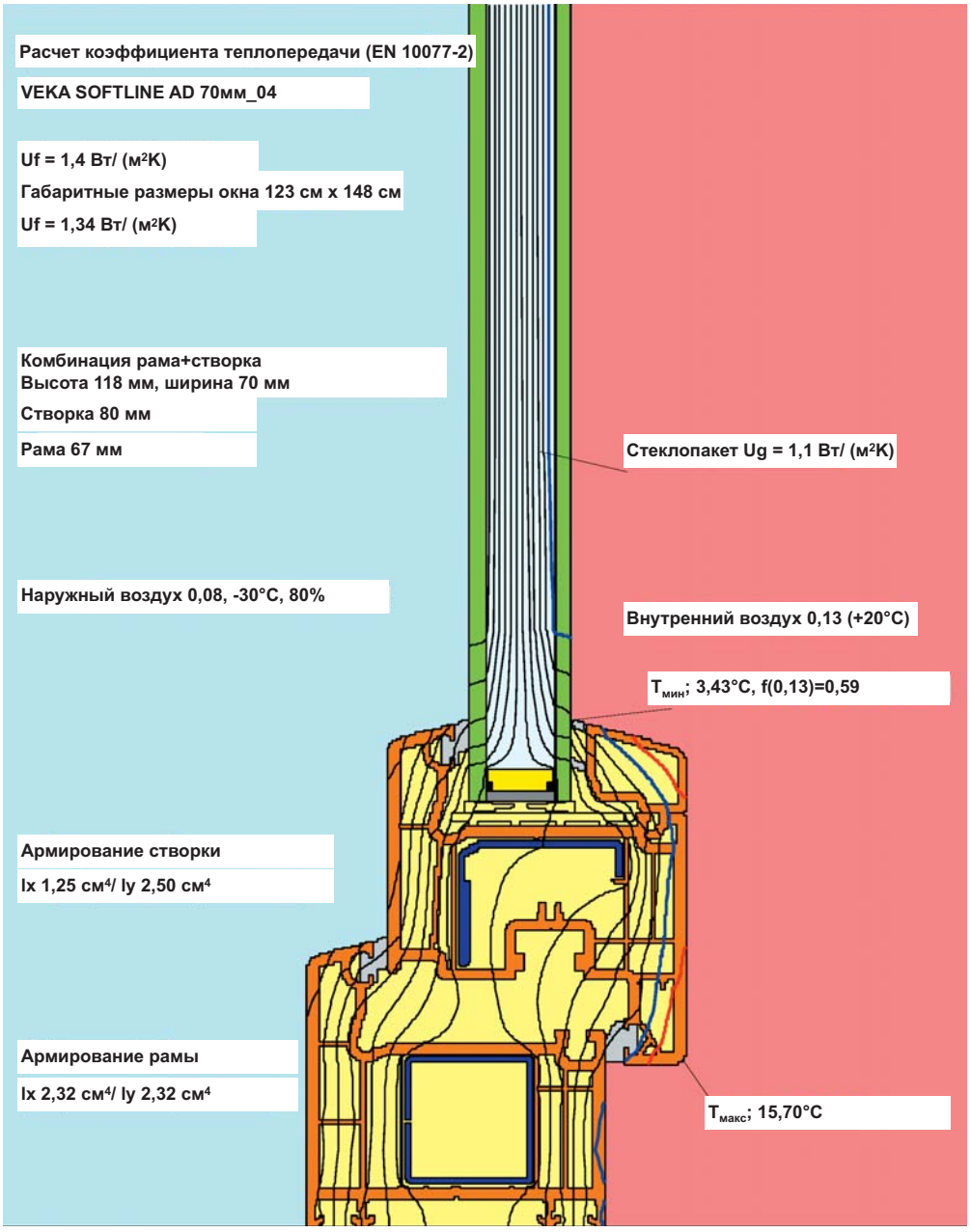


Рис. 4.3.2.2. Диаграммы для определения точки росы.



Пример расчета температурных полей в комбинации рама-створка.
Система VEKA EUROLINE.



Пример расчета температурных полей в комбинации рама-створка.
Система VEKA SOFTLINE.

ГЛАВА 5. РОЛЬ ОКОН В СИСТЕМЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ.

5.1. ЕСТЕСТВЕННЫЙ ВОЗДУХООБМЕН И ВЛАГООБМЕН В ЗДАНИИ.

Как уже отмечалось в предыдущих главах, самочувствие людей, находящихся в помещении, а также состояние самого помещения, напрямую зависят от параметров его микроклимата.

Являясь слабым местом в наружной оболочке здания, защищающей человека от неблагоприятных наружных воздействий, окна играют определяющую роль в формировании внутренней среды. Традиционный взгляд на окно, как элемент наружной ограждающей конструкции, предполагает, что оно, помимо зрительного контакта с окружающей средой и обеспечения естественной освещенности, должно также нести на себе все функции, связанные с вентилированием помещения. В настоящее время проблема доступа свежего воздуха в здания с герметичными оконными конструкциями является одной из наиболее остро стоящих перед специалистами во всем мире, и до сих пор еще не нашла своего окончательного решения.

На сегодняшний день окна российских зданий, как вновь строящихся, так и реконструируемых, являются единственным источником притока свежего воздуха, обеспечивающим нормальную работу системы естественной вентиляции. При этом замена старых деревянных окон, имевших неплотности и щели, на новые – герметичные, с хорошо продуманной системой уплотнений, практически в любом помещении жилых и общественных зданий неизбежно приводит к изменению микроклимата, ощущаемому человеком как негативный фактор.

Очевидно, что система естественной вентиляции будет являться эффективной только в том случае, если она отвечает целому ряду противоречащих друг другу требований, таких как:

– обеспечение необходимого обмена наружного и внутреннего воздуха в помещении за счет достаточного притока и вытяжки;
– недопустимость избыточных теплопотерь;
– обеспечение высокой степени изоляции от уличного шума;
– защита от проникновения насекомых, дождевой влаги, снега, пыли, а также обледенения в зимний период.

Для того, чтобы правильно запроектировать окна как устройства для вентиляции помещений, обеспечивающие приток свежего воздуха, необходимо выбрать критерии, которые указывали бы на качество вентилирования. При этом можно руководствоваться следующими основными предпосылками.

Как уже отмечалось в главе 4, основными показателями, влияющими на условия пребывания человека в помещении и особенности эксплуатации конструкций, ограждающих это помещение, являются.

1. Средняя температура воздуха внутри помещения $\mathbf{t_в}$, измеряемая в так называемой «рабочей зоне» – в центре помещения на высоте 1,5 м от уровня пола.
2. Осредненная температура всех поверхностей, ограничивающих помещение, так называемая «среднерадиационная температура» – $\mathbf{t_{ср}^{рад}}$.
3. Влажность и гигиеническое состояние воздуха в помещении (особенно с точки зрения содержания в нем двуокиси углерода – CO_2).

Воздух внутри помещения отличается от наружного воздуха по трем основным параметрам: 1) по температуре; 2) по влажности; 3) по составу. Остановимся более подробно на каждом из критериев с точки зрения естественной вентиляции.

В нормальном незагрязненном состоянии воздух состоит из 21% кислорода, 78% азота, 0.95% аргона и 0.03% углекислого и других газов. Кроме того, в воздухе всегда содержится некоторое количество водяного пара.

Для жизнедеятельности человека, животных и растений прежде всего важны показатели по кислороду и углекислому газу. Количество углекислого газа CO_2 в наружном воздухе составляет для городской среды 0.4 – 0.5 л/м^3 или 0.07 – 0.1 %. Допустимая концентрация CO_2 в помещении составляет 1 л/м^3. Человек в результате жизнедеятельности выделяет от 25 до 45 л/ час углекислого газа. Таким образом, для снижения содержания CO_2 в помещении, где находятся люди, до уровня допустимого, необходимо обеспечить приток свежего воздуха порядка 25 – 30 л/ час на одного человека.

Требования нормативных документов сводятся к обеспечению *кратности воздухообмена* внутри помещения, или, иными словами, к *необходимому количеству воздуха, удаляемого из помещения за единицу времени.* Так, согласно СНиП 2.08.01-89, кратность естественного воздухообмена для жилых комнат составляет 3 м^3/час на 1 м^2 площади комнаты и 60 м^3/час на все помещение для кухни.

Таким образом, при проектировании вентиляционных устройств в окнах *по критерию содержания в помещении углекислого газа необходимо исходить из того, что приток воздуха должен быть постоянным, независящим от времени года, погодных условий, аэродинамики здания и др.* Иными словами, ***необходима определенная система приточных и вытяжных устройств, круглогодично поддерживающая содержание CO_2 в воздухе помещений в пределах нормы.***

В отличие от содержания CO_2, тесно взаимосвязанные между собой критерии температуры и влажности внутреннего воздуха в значительной степени подвержены дифференцированному анализу для зимних и летних условий эксплуатации. Кроме того, необходимо учитывать специфику требований к температурно-влажностному режиму различных помещений в пределах одного здания.

С точки зрения строительного проектирования, большинство помещений жилых и общественных зданий относятся к разряду помещений с незначительными выделениями влаги – до 2 г / (м^2 • ч) при температуре 15-20 °С. Для сравнения эта величина при той же температуре в помещениях бань и производственных помещениях с мокрыми процессами превышает 50 г / (м^2 • ч).

Вместе с тем, даже в пределах одной квартиры существуют хозяйственные помещения (такие как кухня и ванная комната), влаговыделение в которых значительно выше по сравнению с жилой зоной. Количественная характеристика возможных влаговыделений в различных помещениях квартиры приведена в табл. 5.1.0.1

Интенсивность влаговыделений определяет содержание водяного пара в воздухе помещения при постоянно поддерживаемой в нем внутренней температуре – относительную влажность $\varphi_{\mathbf{в}}$. В соответствии с российскими строительными нормами (ГОСТ 30494-96), комфортной относительной влажностью внутреннего воздуха считается величина $\varphi_{\mathbf{в}}$ = 30-45%. В реальных условиях в зимнее время в г.Москве эта величина колеблется в пределах $\varphi_{\mathbf{в}}$ = 20-30%. В бытовом плане всем хорошо знакомы аквариумы и всевозможные увлажнители воздуха, появляющиеся зимой в большинстве московских квартир.

Табл.5.1.0.1

Влаговыделение в квартирах

N п/п	**Источник влаги**		**Влаговыделение, г/ч**
1	Человек	Легкая деятельность	**30-60**
		Работа средней трудности	**120-200**
		Трудная работа	**200-300**
2	Ванная комната	Принятие ванны	**Прибл. 700**
		Принятие душа	**Прибл. 2600**
3	Кухня	Приготовление пищи, мытье посуды	**600-1500**
		В среднем за день	**100**
4	Комнатные растения (в зависимости от размера)		**5-20**
5	Выстиранное белье	Отжатое через центрифугу	**50-200**
		Совершенно мокрое	**100-500**

Вместе с тем, избыточная относительная влажность, особенно во вновь построенных зданиях – с большим содержанием технологической влаги в конструкциях, – может сказаться самым серьезным образом как на самочувствии людей, так и на состоянии помещений. В практике установки герметичных окон нередки случаи выпадения обильного конденсата на стеклопакетах и монтажных швах, а также появления плесени на оконных откосах.

Явления такого плана говорят ***о необходимости удаления из помещения избыточной парообразной влаги, иными словами – обеспечения необходимого естественного влагообмена через оконные конструкции наряду с притоком свежего воздуха.***

Основной сложностью в этом отношении является необходимость учета различных исходных условий для зимнего и летнего периода. В зимнее время при температуре наружного воздуха, равной – 20 °С, его абсолютная влажность может составлять 0.5 г/м^3 (при относительной влажности, близкой к 100%). В то же время внутренний воздух при температуре + 20 °С и относительной влажности 50% содержит 8.7г/м^3, что в 17 раз больше, чем в наружном воздухе.

При такой большой разнице парциальных давлений к интенсивному влагообмену приводит даже очень незначительная разгерметизация окон. При этом в летнее время при приблизительно равной температуре воздуха внутри помещения и снаружи, условия влагообмена будут принципиально иными.

Критерий температуры внутреннего воздуха наиболее интересен с точки зрения замены окон в отдельных помещениях (или квартирах) существующих зданий.

Вплоть до последнего времени необходимость подогрева холодного воздуха, инфильтрующегося через окна, имеющие неплотности и щели в притворах, была заложена в российских нормах на проектирование систем отопления. При инфильтрации холодного воздуха в зимний период температура вблизи таких окон понижалась на несколько градусов по сравнению с температурой внутреннего воздуха помещения **tв**. По данным расчетов и наблюдений, в период резкого похолодания на теплопотери через окна приходилось до 80% от общих теплопотерь помещения. Соответственно мощность

системы отопления рассчитывалась, исходя из условия необходимых затрат тепла в помещении при наличии воздухопроницаемых окон.

При замене старых окон на герметичные в одной из квартир многоэтажного дома происходит резкое снижение теплопотерь через окна за счет одновременного действия двух факторов, а именно: 1) фактического сведения к нулю теплопотерь за счет инфильтрации; и 2) увеличения приблизительно в 1,5 раза термического сопротивления окон (приведенное термическое сопротивления окна со спаренным переплетом R_0 = 0,4 (м² °С/Вт), окна с двухкамерным стеклопакетом – R_0 = 0,56 (м² °С/Вт)). Мощность системы отопления, спроектированной для всего дома, при этом остается прежней.

В результате в отдельно взятой квартире (или в одном из помещений квартиры) образуется избыток тепла, по сравнению с тем, к которому организм человека адаптировался на протяжении многих лет или, говоря иными словами, происходит ***«локальное потепление внутреннего микроклимата».***

Таким образом, необходимость естественной вентиляции помещений жилых и общественных зданий вызывается такими факторами как:

– обеспечение допустимой концентрации двуокиси углерода – CO_2 в помещении (1 л/м³ или 1.5 г/кг (0.15%));
– обеспечение требуемой температуры внутреннего воздуха помещения (**tв** = 20 °С для гражданских зданий согласно МГСН 2.01.94);
– обеспечение требуемой относительной влажности внутреннего воздуха помещения (φ**в** =55% для гражданских зданий согласно МГСН 2.01.94);
– обеспечение содержания количества кислорода в воздухе, необходимого для помещений с источниками открытого огня (кухонь, в которых установлены газовые плиты).

При этом все перечисленные условия должны быть соблюдены круглогодично – как в зимнее, так и в летнее время.

Основным средством для поддержания необходимых гигиенических условий в помещениях жилых и административных зданий является естественный воздухообмен. В настоящее время в российском жилищном строительстве принимается следующая схема вентиляции квартир. Вытяжка осуществляется естественным путем непосредственно из зоны его наибольшего загрязнения, т.е. из кухонь и санитарных помещений через вентиляционные каналы. Его замещение происходит за счет наружного воздуха, поступающего через негерметичности наружных ограждений (главным образом через окна) и посредством проветривания всех помещений квартиры. Квартира рассматривается в качестве единого объема, в котором воздух перетекает из одного помещения в другое через межкомнатные двери, имеющие подрезку внизу, или находящиеся в открытом положении. При этом характер воздухообмена в квартире в значительной мере определяется воздушным режимом всего здания в целом.

Естественный перенос воздуха в здании осуществляется под действием разности давлений внутреннего и наружного воздуха, возникающей вследствие перепада температур или под действием ветра.

Под влиянием внешних воздействий в здании создается распределение давлений, зависящее от геометрической формы здания и его аэродинамической характеристики, высоты помещений и разницы температур внутри и снаружи, степени изоляции отде-

льных этажей или групп помещений друг от друга, а также защищенности здания от воздействия ветра.

В холодный период года, при безветрии, в нижней зоне здания или помещения через любые неплотности и отверстия в ограждающих конструкциях происходит приток холодного наружного воздуха внутрь помещений (инфильтрация), а в верхней зоне, где создается избыточное давление по сравнению с атмосферным – удаление теплого воздуха наружу (эксфильтрация).

Эти явления, вызывающие естественный воздухообмен в помещении или в здании, в особенности заметны при сильных морозах, когда разность температур наружного и внутреннего воздуха отапливаемых помещений наиболее велика.

За счет действия ветра на наветренной стороне здания создается подпор, а избыточное статическое давление возникает на наружных поверхностях ограждений. На заветренной стороне образуется разрежение, и статическое давление оказывается пониженным. Таким образом, с наветренной стороны действие ветра усиливает инфильтрацию, а с заветренной – уменьшает ее.

Таким образом, в многоэтажных зданиях в условиях относительного безветрия можно выделить зоны характерных (преобладающих во времени) давлений: положительных (превышающих атмосферное), отрицательных (меньших атмосферного) и неустойчивых (изменяющих свой знак).

В зоне положительных давлений, располагающейся в самой верхней части здания, преобладает удаление воздуха через отверстия и неплотности в ограждающих конструкциях; в зоне отрицательных давлений, занимающих всю нижнюю и среднюю по высоте часть здания, характерна инфильтрация холодного воздуха. Зона неустойчивых давлений близка к нейтральной поверхности.

Такое распределение давлений характерно практически для всех многоэтажных зданий вследствие недостаточной изоляции квартир от лестничных клеток. При этом на эпюру давлений для здания в целом накладывается распределение давлений в каждом отдельном этаже (рис. 5.1.0.1).

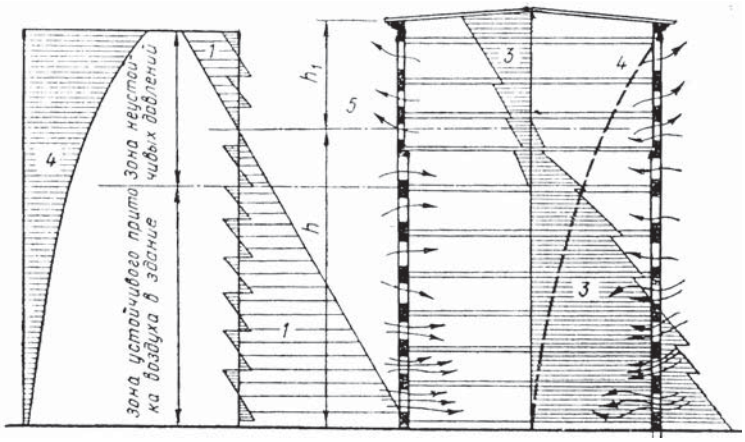


Рис. 5.1.0.1. Схема фильтрации воздуха через неплотности проемов в отапливаемом многоэтажном здании с естественным воздухообменом:

1 – эпюра давлений от теплового напора для здания в целом, 2 – эпюры давлений в каждом этаже, 3 – эпюра суммарных давлений при отсутствии ветра, 4 – эпюра давления от ветра в условиях городской застройки, 5 – нейтральная поверхность при отсутствии ветра.

Таким образом, в многоэтажных зданиях отдельные помещения и квартиры, расположенные на разных этажах, изначально находятся в неодинаковых условиях естественного воздухообмена, возникающими за счет аэродинамики здания. Ситуация может быть дополнительно осложнена такими факторами, как наличие балконов и лоджий, а также сплошной воздухонепроницаемой перегородки внутри здания. Кроме того, существенная разница в характере воздухообмена существует между зданиями, имеющими теплый чердак или совмещенную кровлю, и зданиями с холодным чердаком.

Разница давлений, вызывающая перенос воздуха в здании и возникающая за счет температурного градиента, может быть определена по формуле [8] :

$$\Delta P_t = H\left(\gamma_н - \gamma_в\right) \qquad (5.1.0.1)$$

где

γн – объемный вес холодного наружного воздуха [кг/м^3];

γв – объемный вес теплого внутреннего воздуха [кг/м^3];

H – вертикальное расстояние между нижними приточными и верхними вытяжными отверстиями (приближенно равное высоте всего здания), [м].

Зависимость веса воздуха от температуры может быть проиллюстрирована табл. 5.1.0.2.

Табл. 5.1.0.2

Физические свойства воздуха

T, °C	**Парциальное давление водяного пара**		**Объемный вес воздуха**
	мм.рт.ст	**Г/м^3**	**[кг/м^3]**
- 20	0.94	1.1	1.396
- 10	2.14	2.3	1.342
0	4.58	4.9	1.293
+ 10	9.21	9.4	1.248
+ 20	17.53	17.2	1.205
+ 30	31.82	30.1	1.165

В летнее время (согласно формуле (5.1.0.1) и табл. 5.1.0.2), когда температуры наружного и внутреннего воздуха приблизительно одинаковы, разница давлений ΔP_t близка к нулю. Движение воздуха через неплотности в оконных проемах может осуществляться только под действием ветра.

В зимнее время, наружный воздух, объемный вес которого больше объемного веса внутреннего воздуха, ничинает проникать в помещение за счет разницы давлений ΔP_t, которая при **tв** = + 20 °C и **tн** = – 20 °C, может быть определена из зависимости, прямо пропорциональной общей высоте здания, а именно:

$\Delta P_t = H\ (\ 1.396 - 1.205) = 0.2\ H$

Иными словами, чем выше здание (само по себе выполняющее роль аэродинамической трубы), тем больший эффект притока холодного воздуха создается в зимнее время.

С другой стороны, наряду с инфильтрацией холодного воздуха, имеет место обратный процесс – эксфильтрация водяного пара изнутри помещения наружу, вызванная разницей парциальных давлений. Так, согласно табл. 5.1.0.2, при температуре воздуха, равной + 20 °C, парциальное давление содержащегося в нем пара ΔP_t = 17.2 г/м^3, а при температуре воздуха, равной – 20 °C, парциальное давление содержащегося в нем пара

$\Delta \mathbf{P}_t$ = 1.1 г/м^3. Как уже отмечалось выше, такая большая разница парциальных давлений вызывает интенсивный влагоперенос через наружные ограждающие конструкции, в первую очередь – через окна. При этом условия влагообмена не зависят от аэродинамики здания, а определяются исключительно температуро-влажностным режимом помещения.

5.2. ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ С ОКОННЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ.

Выше были описаны основные физические закономерности, определяющие процесс естественного воздухообмена в зданиях, а также требования к режиму естественной вентиляции помещений.

Поскольку на сегодняшний день определяющая роль в этом отношении отводится окнам, все крупные системы ПВХ-профилей, как правило, включают в себя дополнительные вентиляционные устройства. Кроме того, существует ряд фирм, непосредственно специализирующихся на их выпуске (Renson, Aereco, Siegenia).

По своему конструктивному решению дополнительные вентиляционные устройства, применяемые с оконными системами, можно условно разделить на четыре основные группы:

– разнообразные ограничители открывания (или так называемые устройства для микропроветривания), входящие в комплект оконной фурнитуры (см. главу 7);
– открывающиеся заслонки и планки, а также специальные вентиляционные каналы, устанавливаемые на ПВХ-профилях;
– проветривающие устройства, устанавливаемые в нижней или верхней части оконной рамы;
– частично воздухопроницаемые уплотнители.

Кроме того, вентиляционные устройства могут быть также классифицированы *по фактору, активизирующему их действие.* Работа вентиляционных устройств может регулироваться:

– вручную в зависимости от субъективных ощущений человека, находящегося в помещении (путем механического открывания соответствующих заслонок и клапанов или включения вентилятора с электроприводом);
– автоматически в зависимости от изменения статического давления на наружной поверхности оконной рамы (ветрового, а также возникающего вследствие разности температур изнутри и снаружи здания);
– автоматически в зависимости от изменения влажности внутреннего воздуха помещения;

При этом ***все вентиляционные устройства, независимо от конструкции и активизирующего их фактора*** (включая устройства с ручным управлением) предназначены для обеспечения режима вентиляции помещения в течение длительного времени без участия человека (в отличие от так называемого «залпового проветривания», когда проветривание помещения осуществляется путем периодического открывания окон на короткое время).

Поскольку для системного анализа работы вентиляционных устройств наиболее интересен фактор, активизирующий действие, на отдельных примерах рассмотрим принцип их работы согласно соответствующей классификации.

В способе вентиляции ***с помощью частичной выемки уплотнения,*** применяемой многими производителями профильных систем из ПВХ, для каждого периметра створки рассчитывается длина части стандартного уплотнения, подлежащего замене. При этом обеспечивается зазор приблизительно в 2 мм между профилями коробки и створки. Для обеспечения «частичной выемки уплотнения» применяется также так называемое «перфорированное» или «щеточное» уплотнение.

При этом увеличение воздухопроницаемости такого окна может быть проиллюстрировано табл.5.2.0.1а и табл.5.2.0.1б.

Табл.5.2.0.1а

Объем воздуха, проходящего через стыки между створкой и коробкой стандартного окна, изготовленного из пластиковых профилей системы Veka Euroline AD, имеющего в верхней горизонтальной части стыка одинарное резиновое и одинарное щеточное уплотнение (более плотное окно)

Разность давлений, Па	10	50	100	150	300
Коэффициент воздухопроницаемости, м³/м час	0.24	0.96	1.34	2.22	7.29

Табл.5.2.0.1б

Объем воздуха, проходящего через стыки между створкой и коробкой стандартного окна, изготовленного из пластиковых профилей системы Veka Euroline AD, имеющего в верхней горизонтальной части стыка двойное щеточное уплотнение (менее плотное окно)

Разность давлений, Па	10	50	100	150	300
Коэффициент воздухопроницаемости, м³/м час	0.33	1.34	3.00	4.12	9.33

Из табл.5.2.0.1а и табл.5.2.0.1б хорошо видна зависимость воздухопроницаемости окна от разности давлений, вызывающей движение воздуха через уплотнения. Так, для более плотного окна (табл.5.2.0.1а), при увеличении разности давлений в 10 раз (с 10 до 100 Па) воздухопроницаемость окна увеличивается примерно в 5,5 раз, а для менее плотного (табл.5.2.0.1б) – в 9 раз.

Как показывают приведенные выше рассуждения, такое решение достаточно трудно адаптируется к многоэтажным зданиям, помещения которых находятся в неодинаковых условиях воздухообмена в зависимости от высоты.

Более гибкой идеей в этом отношении являются устройства, встраиваемые в оконный профиль, и ***реагирующие на изменение статического давления на наружной стороне оконной рамы.*** Примером такого устройства может служить вентиляционная заслонка системы Gealan Clima Control, показанная на рис. 5.2.0.1 В нормальном положении заслонка открыта, и поток воздуха из фальца окна через отверстия в стенках профиля, и далее через прорези уплотнения попадает в помещение. В случае усиления воздушного потока, он поворачивает заслонку и перекрывает себе путь. По мере уменьшения скорости ветра заслонка снова открывается, и свободная циркуляция воздуха восстанавливается.

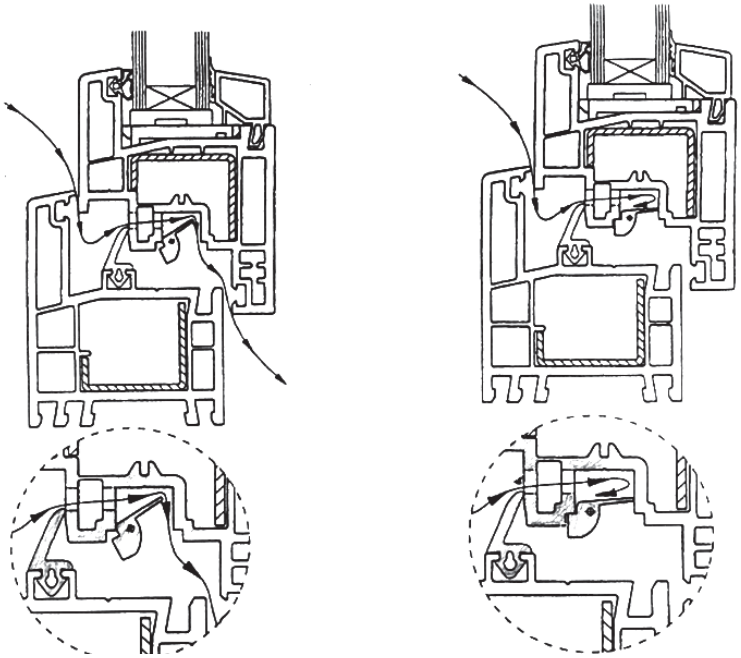


Рис. 5.2.0.1.. Вентиляционная заслонка системы Gealan Clima Control. Слева – заслонка в открытом положении, справа – заслонка в закрытом положении.

При перепаде давлений в 10 Па система обеспечивает воздухообмен в 3.6 м3/ час. С ростом перепада давления циркуляция воздуха возрастает. Начиная с величины 100 Па, заслонка начинает закрываться. При значениях перепада давления от 150 Па и выше величина воздухообмена вновь возрастает, но уже за счет роста воздухопроницаемости окна в целом.

Многочисленную по своему разнообразию группу проветривателей представляют различные заслонки и планки, входящие в профильные системы и представляющие из себя классический пример устройств, ***регулируемых вручную, в зависимости от субъективных потребностей человека.*** По эффективности своей работы они адекватны щелевым проветривателям, входящим в комплект оконной фурнитуры.

В качестве примера устройства такого типа может быть приведена вентиляционная планка Brugmann, показанная на рис. 5.2.0.2. Планка, также как рама и створка, представляет из себя многокамерный ПВХ-профиль. В зависимости от потребности помещения в свежем воздухе, открывается необходимое количество сквозных отверстий, просверленных в планке. Внутри планки воздух проходит через множество смещенных по отношению друг к другу вентиляционных отверстий. Отверстия защищены от насекомых сеткой из нержавеющей стали.

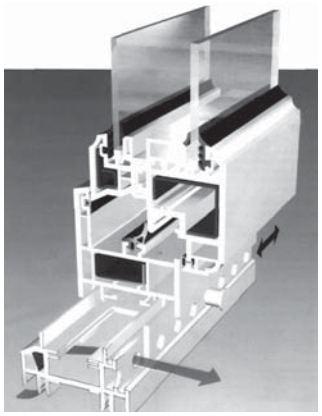


Рис. 5.2.0.2. Вентиляционная планка, устанавливаемая с ПВХ-профилем. Система Brugmann.

В качестве примера вентиляционного устройства, реагирующего на ***изменение влажности*** в помещении, можно привести систему приточно-вытяжных устройств французской фирмы Aereco. Устройство представляет собой короб, внутри которого установлен механический датчик влажности, состоящий из 8-ми полосок полиамида. Эта ткань имеет свойство удлиняться или сокращаться в зависимости от изменения относительной влажности воздуха. Чем выше влажность, тем больше открывается заслонка, пропускающая воздух.

Клапан Aereco врезается в оконную створку, поэтому реагирует на изменение значений влажности непосредственно вблизи окна. Как показывает российский опыт эксплуатации, клапаны такого типа могу быть успешно применены в качестве устройств для выпуска избытков водяного пара на улицу из помещений с периодическими интенсивными выделениями влаги (кухни, постирочные и т.п.). При этом удаление влаги непосредственно из источника влаговыделения благоприятно сказывается на влажностном режиме квартиры в целом.

Все описанные выше устройства не содержат в своей конструкции элементов экологической защиты: системы шумоглушения, специальных очищающих фильтров и др. Эти решения реализованы в современных системах децентрализованной вентиляции, рассмотренных в главах 6 и 9.

ГЛАВА 6. ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОКОН. НОРМИРОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.

Проблема повышения звукоизоляции светопрозрачных конструкций, практически полностью определяющих акустический климат помещения, на протяжении многих лет является одной из наиболее актуальных при проектировании гражданских зданий. Результаты многочисленных исследований, проведенных в этом направлении как отечественными, так и зарубежными специалистами, говорят о том, что борьба с проникновением шума в помещения через конструкции окон является комплексной задачей – градостроительной, архитектурно-планировочной, конструктивной.

Постановка задачи обеспечения комфортных акустических условий с точки зрения проектирования светопрозрачных конструкций осложняется прежде всего тем, что окна в российских зданиях являются единственным источником притока свежего воздуха для обеспечения требуемых условий естественного воздухообмена. Таким образом, возникает необходимость увязки воедино требований, противоречащих друг другу с точки зрения физики, в результате чего необходимо рассматривать два принципиально разных режима работы окна: 1) окно, находящееся в закрытом положении; 2) окно, открытое в режиме вентиляции. При этом следует отметить, что даже глухое, хорошо загерметизированное окно не в состоянии обеспечить идеальной защиты от транспортного шума, адекватной непрозрачным наружным стенам.

В Советском Союзе решение этой непростой задачи развивалось по пути проектирования так называемых «шумозащитных» или «шумозащищенных» зданий. По способам защиты от шума эти здания подразделялись на два типа.

1. ***Дома со специальной архитектурно-планировочной структурой и объемно-пространственным решением,*** в которых были реализованы такие принципы, как

– расположение комнат общего пользования со стороны источника шума -транспортной магистрали, и, соответственно спален – со стороны двора;
– включение в состав жилого дома дополнительных подсобных помещений группового пользования для создания гибкой планировочной структуры.

Такие дома из 12-ти и 16-ти этажных унифицированных крупнопанельных секций серии П 55 построены в ряде районов Москвы по проектам Московского Института Типового и Экспериментального Проектирования (МНИИТЭП).

2. Дома, окна и балконные двери которых имеют повышенную звукоизолирующую способность и снабжены специальными вентиляционными устройствами, совмещенными с глушителями шума.

Примером такого дома может служить дом, разработанный институтом «Моспроект-1» и построенный на Б. Тульской улице в Москве.

Кроме того, разрабатывались также варианты, в которых были реализованы комбинированные решения. Таким образом, тенденция к проектированию шумозащитных домов отражала комплексный подход к решению градостроительных и строительно-акустических задач, направленных на формирование благоприятного акустического климата в зданиях.

В настоящей книге нас будут прежде всего интересовать вопросы, связанные с конструктивными решениями окон, позволяющими получить максимально высокие характеристики с точки зрения звукоизоляции.

Остановимся более подробно на характеристиках основных источников шума, присутствующих в городской среде, а также на физических закономерностях передачи звука через конструкции окон.

6.1. ВОСПРИЯТИЕ ЗВУКА ЧЕЛОВЕКОМ. ШУМОВОЙ РЕЖИМ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ. ТРАНСПОРТНЫЙ ШУМ.

Шумовой режим городских территорий определяется воздействием целого ряда источников внешнего шума. К таким источникам, прежде всего, относятся средства автомобильного, железнодорожного и воздушного транспорта, ряд промышленных предприятий и установок, а также другие шумовые воздействия, связанные с различными видами жизнедеятельности населения.

Как уже отмечалось выше, ***светопрозрачные ограждения, обладающие звукоизолирующей способностью, на порядок более низкой по сравнению с глухими участками наружных стен, практически полностью определяют степень защиты помещения от воздействия уличного шума.***

Правильно запроектированные светопрозрачные ограждения должны обеспечивать снижение шумовых воздействий окружающей среды на человека до некоторых допустимых величин, регламентируемых санитарными нормами.

Для дальнейшего изложения приведем основные понятия и определения, применяющиеся при акустическом проектировании окон.

6.1.1. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКОВЫХ ВОЛН В ВОЗДУХЕ. ХАРАКТЕР ВОСПРИЯТИЯ ЗВУКА ЧЕЛОВЕКОМ.

При распространении звуковых волн в воздухе в каждой точке звукового поля возникает попеременное сжатие-разрежение, что приводит к изменению давления в среде по сравнению с атмосферным (статическим) давлением. Разность между атмосферным давлением и давлением в данной точке звукового поля называется ***звуковым давлением*** P (Па).

Звуковое давление, воспринимаемое ухом человека, может меняться от порога слышимости до болевого порога в 1010 раз. При этом ощущение степени изменения звукового давления (субъективное восприятие человеком), согласно психо-физическому закону Вебера-Фехнера близко совпадает с логарифмической кривой. Поэтому в акустике для оценки звуковых воздействий на человека принято использовать не абсолютные величины изменения звукового давления, а относительные – логарифмические.

Уровень звукового давления *представляет собой относительную логарифмическую величину, характеризующую звуковое давление в данной расчетной точке относительно порога слышимости.*

Уровень звукового давления определяется как

$$L=20\ \lg\left(P/P_0\right) \qquad (6.1.1.1)$$

где

P – значение звукового давления в данной точке звукового поля

За единицу измерения уровня звукового давления принят 1 децибел (1Дб). *Разница уровней в 1Дб соответствует минимальной величине, различимой слухом.*

$\mathbf{P_o = 2 \times 10^{-5}\ Па}$ – звуковое давление, соответствующее порогу слышимости.

Приведем некоторые приближенные значения величин звукового давления, которые могут с достаточной наглядностью характеризовать состояние акустической среды.

Табл. 6.1.1.1

Уровень звукового давления, дБ	**Источник шума**	**Примечания**
0	Полная тишина	Угнетает
10	Шелест листвы	Состояние звукового комфорта
35 – 40	Тихий разговор, тихая музыка	
60 – 70	Громкая речь	
75 – 80	Громкая музыка, оживленная транспортная магистраль	
100 – 120	Реактивный двигатель самолета	
130 – 140	Болевой порог	

В строительной технике принято рассматривать диапазон частот, воспринимаемый органами слуха человека, в интервале от 32 до 4000 Гц,. При этом при проведении акустических расчетов и измерений частотный спектр слышимого шума разбивается на октавные полосы частот, ограниченные нижней частотой $\mathbf{f_1}$ и верхней частотой $\mathbf{f_2}$, при этом $\mathbf{f_2/f_1=2}$. Если $\mathbf{f_2/f_1=\sqrt[3]{2}}$, то ширина полосы равна 1/3 октавы. В качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота $\mathbf{f=\sqrt{f_1/f_2}}$. Крайние и среднегеометрические частоты октавных полос стандартизованы (табл. 6.1.1.2).

Для корректировки значений уровня звукового давления **L**, в соответствии с особенностями восприятия звука человеческим ухом на различных частотах, вводится понятие ***уровня звука.***

Наибольшую чувствительность к звуковым воздействиям человек проявляет на средних частотах (в интервале приблизительно от 400 до 3000 Гц), несколько хуже слышит высокие (примерно от 3000 до 20 000 Гц), и наименее чувствителен к звуку на низких (примерно от 20 до 400 Гц).

Табл. 6.1.1.2

Стандартизованные октавные полосы частот, среднегеометрические частоты октавных полос, значения кривой коррекции А

Номер октавы	1	2	3	4	5	6	7
Частоты	Низкие			Средние			Высокие
Октавные полосы частот, $\mathbf{f_1}$-$\mathbf{f_2}$, Гц	45-90	90-180	180-355	355-710	710-1400	1400-2800	2800-5600
Среднегеометрическая частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000
Относительная частотная характеристика кривой коррекции А, дБ	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0	+1.2	+1.0

На акустических приборах зависимость чувствительности уха человека от частоты моделируется при помощи кривой частотной коррекции А. Значения кривой А представляют собой поправку для уровней звукового давления, измеренных в каждой октавной полосе (табл. 5.2). Частотная характеристика шума, измеренная с учетом добавки по кривой А, таким образом приближенно представляет собой частотную характеристику восприятия шума человеческим ухом.

Субъективная оценка шума человеком характеризуется значением «уровня звука» в дБА, представляющим собой значение уровня звукового давления, скорректированного по кривой А. Для оценки шумов в городах эта величина применяется наиболее часто.

6.1.2. ШУМОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ. НОРМИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ПОМЕЩЕНИЯМ.

Шум большинства городских источников включает звуки почти всех полос частот слухового диапазона, но отличается разным распределением уровней звукового давления по частотам и неодинаковым изменением их по времени. Таким образом, шум окружающей человека среды образуется в результате сложного суммирования шумов многих источников, причем распределение разных видов шума способно изменяться от одного момента времени к другому.

Для оценки городских шумов применяются осредненные величины, измеряемые в течение установленных базисных интервалов времени, отличающихся принциально по уровню шумовой нагрузки. Согласно международным и национальным стандартам, в отношении деятельности людей к базисным интервалам относят периоды дневного и ночного времени суток.

В качестве основной величины для оценки шумового режима в местах отдыха, проживания и работы населения установлена осредненная величина – *эквивалентный уровень звука* $\mathbf{L_{АэквТ}}$, измеряемый в дБА и определяемый как

$$L_{АэквТ}=10\lg\left[1/(t_1-t_2)\int_{t_1}^{t_2}\left(P^2_{A(t)}/P^2_{o}\right)dt\right] \qquad (6.1.2.1)$$

где

$\mathbf{L_{АэквТ}}$, [дБА] – эквивалентный уровень звука, полученный для интервала времени Т, начинающегося в $\mathbf{t_1}$ и заканчивающегося в $\mathbf{t_2}$. Согласно различным нормам, необходимо различать так называемые базисные интервалы для дневного и ночного времени суток (день – с t_1= 7ч до t_2=23ч и ночь – с t_1= 23ч до t_2=7ч), в течение которых шумовая нагрузка резко отличается по интенсивности. Однако на практике учет снижения шумовой нагрузки в ночное время представляется трудным с точки зрения оценки и реализации в проектных решениях, поэтому в акустических расчетах, как правило, рассматривается максимальная шумовая нагрузка днем.

$\mathbf{P_0}$ – пороговое значение звукового давления, $\mathbf{P_o = 2 \times 10^{-5}}$ **Па**

$\mathbf{P_{A(t)}}$ – значение звукового давления в момент времени , скорректированное в соответствии с кривой коррекции шумового сигнала А, [Па]

В большинстве случаев (за исключением зданий, построенных вблизи железнодорожных магистралей и аэропортов), в качестве основной шумовой нагрузки на окна рассматривается шум, создаваемый транспортным потоком. Для его количественной оценки в расчетах принимается эталонный спектр транспортного шума (табл. 6.1.2.1).

В инженерных расчетах могут быть приняты расчетные характеристики, заложенные в старом СНиП II-12-77 «Защита от шума», и приведенные в табл. 6.1.2.2

Табл. 6.1.2.1

Эталонный спектр транспортного шума (для $L_{Аэкв}$ = 75 дБа)
(согласно табл.8 СНиП 23-03-2003 «Защита от шума»)

Среднегеометрическая октавная частота, Гц	125	250	500	1000	2000	4000	Шумовая характеристика транспортного потока (эквивалентный уровень звука), $L_{Аэкв}$, дБ
Уровень звукового давления L_{Ai}, дБ	55	60	63	67	64	60	75
Примечание L_{Ai} – скорректированные по кривой частотной коррекции уровни звукового давления, создаваемые источником шума в октавных (третьоктавных) полосах частот.							

Табл. 6.1.2.2

Расчетные шумовые характеристики транспортных потоков на улицах городов и дорогах для условий движения транспорта в час «пик»
(согласно табл. 27 СниП II-12-77)

N п /п	Категория улиц и дорог	Число полос движения проезжей части в обоих направлениях	Шумовая характеристика транспортного потока $L_{Аэкв}$, [дБА]
1	Скоростные дороги	6 8	**86** **87**
2	Магистральные улицы и дороги общегородского значения: – непрерывного движения; – регулируемого движения;	 6 8 4 6	 **84** **85** **81** **82**
3	Магистральные улицы и дороги районного значения	4 6	**81** **82**
4	Дороги грузового движения	2 4	**79** **81**
5	Улицы и дороги местного значения: – жилые улицы; – дороги промышленных и коммунально-складских районов	 2 4 2	 **73** **75** **79**

Допустимый уровень звукового давления (уровень звука) является величиной, нормирумой санитарными требованиями, в зависимости от назначения помещения (табл. 6.1.2.3).

Табл. 6.1.2.3

Допустимые эквивалентные уровни звукового давления в помещениях жилых и общественных зданий (на основании табл.1 СНИП 23-03-2003 «Защита от шума»)

N п/п	Назначение помещения	Время суток	Уровни звукового давления (эквивалентный уровень звукового давления) **L**, дБ В октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Допустимый эквивалентный уровень звука $\mathbf{L_{Аэкв}}$, [дБА]
			31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Палаты больниц и санаториев, операционные больниц	7.00-23.00 23.00-7.00	76 69	59 51	48 39	40 31	34 24	30 20	27 17	25 14	23 13	35 25
2	Жилые комнаты квартир											
	– в домах категории А	7.00-23.00 23.00-7.00	76 69	59 51	48 39	40 31	34 24	30 20	27 17	25 14	23 13	35 25
	– в домах категории Б и В	7.00-23.00 23.00-7.00	79 72	63 55	52 44	45 35	39 29	35 25	32 22	30 20	28 18	40 30
3	Классные помещения, учебные кабинеты, аудитории, залы заседаний и совещаний	–	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40
4	Офисные помещения Категории А Категории Б	–	83 86	67 71	57 61	49 54	44 49	40 45	37 42	35 40	33 38	45 50
5	Торговые залы, вокзалы, предприятия бытового обслуживания	–	93	79	70	63	58	55	52	50	8	60

6.2. ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСТЕКЛЕНИЯ

6.2.1. НОРМИРОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ОКОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.

Правильно запроектированные светопрозрачные ограждающие конструкции обеспечивают снижение уровня звука уличного шума $\mathbf{L_{Аэкв\ ул}}$ до эквивалентного уровня звука, допустимого для данного помещения $\mathbf{L_{Аэкв\ пом}}$. Величина $\Delta\mathbf{L_{Аэкв}= LA_{экв\ ул} – L_{Аэкв\ пом}}$ определяет *значение звукоизоляции конструкции остекления от воздушного шума* ***R***. При проектировании окон принято также учитывать звукопоглощение – преобразование энергии звука, проникающего в помещение, в тепловую энергию -конструкциями стен, перекрытий, а также отдельных поглотителей – мебели, ковров и т.п.

Звукоизоляция внешнего шума конструкцией окна может быть определена по формуле:

$$R_A = L_{Аэкв\ ул} - L_{Аэкв\ пом} + 10\lg\left(S/A\right) \qquad (6.2.1.1)$$

где

$\mathbf{L_{Аэкв\ ул}}$ – для транспортного потока может быть принят в соответствии с табл. 6.1.2.2 с учетом снижения уровня звука при удалении от источника шума (рис.6.2.1.1)

$\mathbf{R_A}$ – индекс звукоизоляции остекления в дБА.

S – площадь окна (всех окон в данном помещении, ориентированных на источник шума), м^2

A – эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении (средняя в диапазоне 125-1000 Гц), м^2. Определяется как сумма произведений коэффициентов звукопоглощения отдельных поверхностей на их площади. В акустических расчетах оконных конструкций принимается равной 0,4 … 0,8.

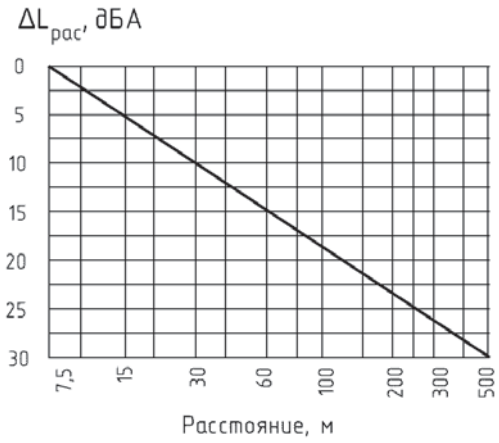


Рис.6.2.1.1. График снижения уровня звука при удалении от источника шума (за 0 принят уровень звука на расстоянии 7,5 м от источника)

Формула (6.2.1.1) показывает значение звукоизоляции остекления в реальных городских условиях, выраженное в дБА. В рекламных проспектах фирм, как правило, также приводится значение индекса звукоизоляции $\mathbf{R_W}$, выраженное в дБ, полученное при испытаниях в лаборатории под воздействием постоянного шума, оказывающего такое же воздействие на человека, как и непо стоянный городской шум. Величина $\mathbf{R_W}$ не учитывает специфику воздействия транспортного шума и определяется, исходя чисто из разницы уровней звукового давления без учета звукопоглощения в конкретном поме-

щении. При этом в большинстве практических случаев величины $\mathbf{R_A}$ и $\mathbf{R_W}$ могут быть определены из зависимости [7]:

$$R_A \approx 0,6R_W + 6 \qquad (6.2.1.2)$$

Нормативные требования к звукоизоляции окон в зависимости от интенсивности движения транспорта зафиксированы в СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» и приведены в табл. 6.2.1.1

Табл. 6.2.1.1

Нормативные требования к звукоизоляции окон (согласно табл. 7 СНиП 23-03-2003)

№ п.п.	Назначение помещений	Требуемые значения $R_{Атран}$, дБА, при эквивалентных уровнях звука у фасада здания, дБА, при наиболее интенсивном движении транспорта (в дневное время, час «пик»)				
		60	65	70	75	80
1	Палаты больниц, санаториев, кабинеты медицинских учреждений	15	20	25	30	35
2	Жилые комнаты квартир в домах: категории А категории Б и В	 15 -	 20 15	 25 20	 30 25	 35 30
3	Жилые комнаты общежитий	-	-	15	20	25
4	Номера гостиниц: категории А категории Б категории В	 15 - -	 20 15 -	 25 20 15	 30 25 20	 35 30 25
5	Жилые помещения домов отдыха, домов-интернатов для инвалидов	15	20	25	30	35
6	Рабочие комнаты, кабинеты в административных зданиях и офисах: категории А категории Б и В	 - -	 - -	 15 -	 20 15	 25 20

6.2.2. АКУСТИЧЕСКАЯ РАБОТА СТЕКЛОПАКЕТОВ.

Осредненные величины индексов звукоизоляции, приводимые в большинстве источников по окнам, далеко не всегда отражают действительные звукозащитные качества остекления. ***Для объективной оценки необходимо представление о работе как отдельных стекол, так и конструкции в целом в различных частотных диапазонах.***

По своей природе основная доля шумовых воздействий на окна приходится на так называемый воздушный шум, возникающий при излучении звука в воздушное пространство. Излучаемый звук достигает какого-либо ограждения и вызывает его колебания. Колеблющееся ограждение, в свою очередь, излучает звук в смежное помещение, и таким образом воздушный шум достигает воспринимающего его человека.

Каждое отдельное стекло, подвергающееся воздействию падающих звуковых волн, следует рассматривать как тонкую пластину, получающую под внешним воздействием

деформации изгиба. На рис. 6.2.2.1 показаны частотные характеристики изоляции воздушного шума одиночными стеклами различной толщины, рассчитанные по программе **ZVUK1,** разработанной на кафедре Архитектуры МГСУ. В основу алгоритма программы положена методика СНиП II-12-77 «Защита от шума». Построение расчетной кривой осуществляется, исходя из экспериментально установленной зависимости, определяющей наличие двух частотных диапазонов звукоизоляции, разделенных *граничной частотой* **frp.** На этой частоте скорость изгибных волн в конструкции совпадает со скоростью звука в воздухе. На частотах выше граничной *длина изгибной волны* λ и будет равна следу длины волны λ падающего звука. Это явление получило название *волновое совпадение или пространственно-частотный резонанс.* При волновом совпадении распределение давления на поверхности конструкции точно соответствует распределению амплитуд ее собственных колебаний, что приводит к резкому увеличению интенсивности изгибных колебаний и, соответственно, к резкому снижению звукоизоляции.

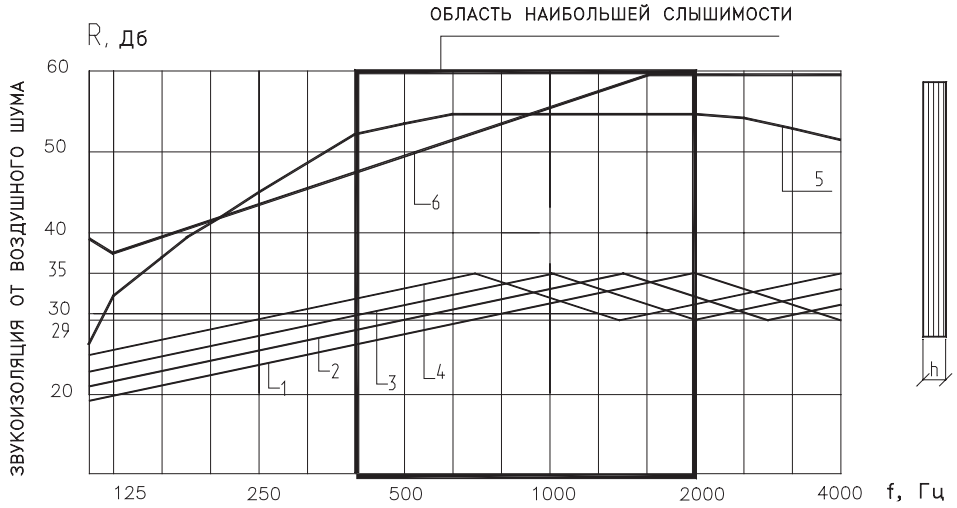


Рис. 6.2.2.1. Частотные характеристики изоляции воздушного шума одиночными стеклами, различной толщины h.

1 – h=3 мм, m=7.5 кг/м²; 2 – h=4 мм, m=10 кг/м²; 3 – h=6 мм, m=15 кг/м²; 4 – h=8 мм, m=20 кг/м², 5 – нормативная кривая изоляции воздушного шума, 6 – кирпичная кладка ρ = 1900 кг/м³, h = 250 мм, m = 475 кг/м².

При этом на участках до граничной частоты и после нее, звукоизоляция изменяется в соответствии с законом массы, который может быть записан в виде:

для частот **f < frp** как:

$$R_i = 20 \lg m f_i - 42 - 6 \qquad (6.2.2.1)$$

для частот **f > frp** как:

$$R_i = 20 \lg m f_i - 42 - 16 \qquad (6.2.2.2)$$

где

$\mathbf{R_i}$ – звукоизоляция конструкции на i-ой частоте, [дБ]

$\mathbf{f_i}$ – частота, [Гц]

m=ρ/h – поверхностная плотность (масса единицы площади конструкции), [кг/м^2]

ρ – объемный вес материала конструкции, [кг/м^3], для стекла ρ = 2500 кг/м^3

h – толщина конструкции, [м]

Все отклонения вниз от нормативной кривой следует рассматривать как несоответствие конструкции предъявляемым требованиям в данной точке частотного диапазона. При этом в соответствии с табл. 6.1.1.1, ощутимой величиной следует считать отрицательное отклонение свыше 10 – 15 Дб.

Точка, соответствующая граничной частоте, является критической. Достижение необходимого значения звукоизоляции на этой частоте представляется достаточно трудным без дополнительных затрат на конструкцию. Поэтому *основной целью акустического проектирования ограждающих конструкций является сглаживание резких падений звукоизоляции, вызванных волновым совпадением, или максимально возможное выведение граничной частоты за пределы слухового диапазона.*

У тонких стекол (рис. 6.2.2.1) **fгр** приходится на область высоких частот. При этом нетрудно заметить, что ***никакое разумное увеличение массы (увеличение толщины) стекла не сможет приблизить его звукоизоляционные характеристики к непрозрачным участкам стен*** (для сравнения приведена кривая 6). В этом случае скорее возможен обратный результат – смещение граничной частоты в наиболее слышимые средние частоты с небольшим выигрышем за счет некоторого прироста звукоизоляции на менее значимых низких.

Дополнительный прирост звукоизоляции остекления можно получить за счет установки двух (и более) стекол, разделенных воздушным промежутком. В строительной акустике такие конструкции принято представлять как систему двух масс с упругими поперечными связями (рис. 6.2.2.2).

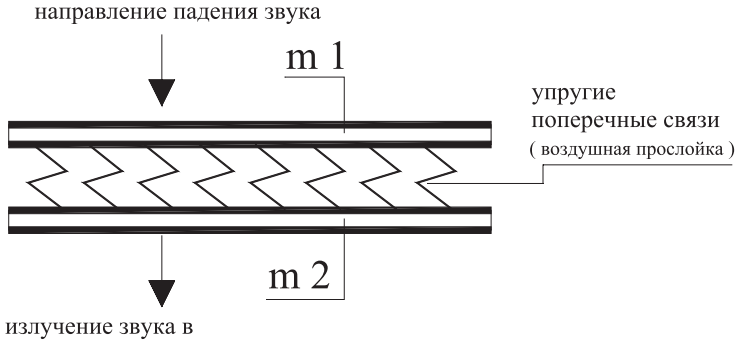


Рис. 6.2.2.2. Прохождение звука через конструкцию остекления.

Передача звука через такую конструкцию осуществляется следующим образом. Звуковые волны, падающие на наружное стекло с поверхностной плотностью $\mathbf{m_1}$, вызывают в нем изгибные колебания. Находящийся в прослойке воздух выполняет роль амортизатора, в котором эти колебания затухают. Таким образом, на внутреннее стекло с поверхностной плотностью $\mathbf{m_2}$, приходит уже ослабленное звуковое воздействие, которое, в свою очередь, возбуждает изгибные колебания в этом стекле. Колеблющееся внутреннее стекло излучает звук в помещение.

Таким образом, если сравнить две конструкции – однослойную с массой 1м^2 $\mathbf{m = m_1 + m_2}$ и двухслойную $\mathbf{m_1 + воздух + m_2}$, в последней по сравнению с первой будет наблюдаться дополнительная звукоизоляция $\Delta\mathbf{R}$, получаемая за счет упругой работы воздуха в прослойке.

При этом суммарная звукоизоляция двойного ограждения $\mathbf{R_2}$ будет определяться по формуле:

$$R_2 = R_1 + \Delta R \qquad (6.2.2.3)$$

где

$\mathbf{R_1}$ – изоляция одного слоя (наиболее массивного) с учетом волнового совпадения, [дБ]

$\Delta\mathbf{R}$ – дополнительная изоляция, рассчитываемая по схеме колебательной системы «масса – упругость – масса», [дБ], определяемая как:

$$\Delta R = 20\lg\left\{1-\left(f/f_0\right)^2\right\} \qquad (6.2.2.4)$$

где

f – текущая звуковая частота, [Гц]

$\mathbf{f_0}$ – частота собственных колебаний системы «масса – упругость – масса», [Гц]

При заполнении промежутка между массивными слоями воздухом частота f0 определяется по формуле

$$f_0 = 60\sqrt{\left(m_1+m_2\right)/a\ m_1\ m_2} \qquad (6.2.2.5)$$

где **a** – толщина воздушного промежутка, [м]

Теоретически и экспериментально установлено, что система двух масс с упругими поперечными связями обладает рядом резонансов. На рис. 6.2.2.3 принципиально показана частотная характеристика двойного остекления. Характерным для этой кривой является наличие нескольких частотных диапазонов, определяющих звукоизоляцию конструкции.

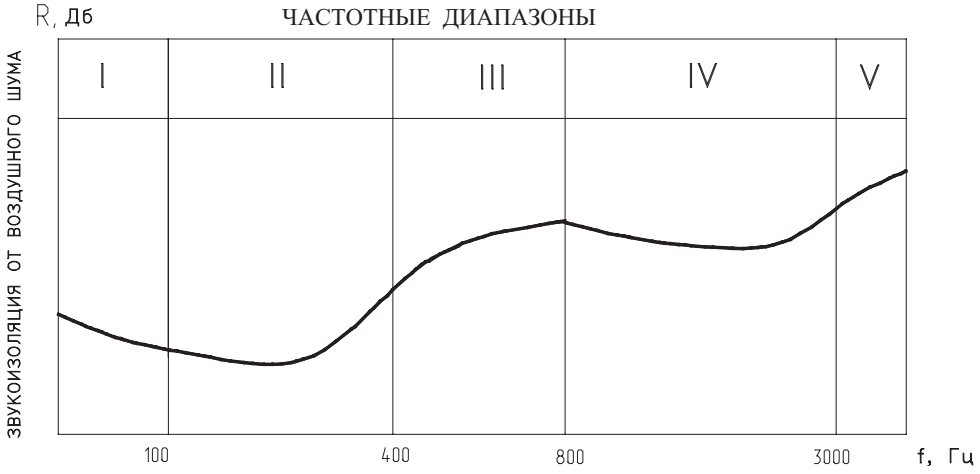


Рис. 6.2.2.3. Принципиальная частотная характеристика изоляции воздушного шума двойным остеклением. Характерные частотные диапазоны.

На участке **I** в диапазоне частот до 100 Гц двойная конструкция, согласно теоретическим положениям, ведет себя как акустически однородная конструкция, имеющая массу 1м², равную суммарной массе 1м² двух стекол двойной конструкции ($m = m_1 + m_2$).

Первый резонанс (участок **II**) имеет место при совпадении частоты падающих звуковых волн **f** с собственной частотой колебания остекления $\mathbf{f_0}$. На этой частоте стекла начинают совершать ритмические, усиливающие друг друга колебания, повышая тем самым прохождение звука через стекло. Значение дополнительной изоляции $\Delta\mathbf{R}$ в формуле (6.2.2.4) в этот момент становится близким к нулю, а изоляция остекления, согласно (6.2.2.3), определяется изоляцией одного, наиболее массивного стекла. Как правило, резонансная частота конструкции с двумя стеклами лежит в диапазоне частот от 100 до 400 Гц. Этот диапазон будем называть ***резонансным.***

На участке **III** в диапазоне частот от 400 до 800 Гц наблюдается увеличение звукоизоляции в соответствии с «законом массы», т.е. изоляция растет пропорционально увеличению массы стекол.

На участке **IV**, называемом диапазоном совпадения, от 800 до 3000 Гц звукоизоляция конструкции ухудшается за счет возникновения волнового совпадения в каждом из стекол.

На участке **V** в диапазоне частот выше 3000 Гц наблюдается последовательный прирост изоляции, однако этот участок, близкий к границе нормируемого диапазона, практически не представляет интереса для проектировщиков.

Масса каждого из стекол (m_1 и m_2), упругость воздушной прослойки, зависящая от ее толщины a, и отношение частоты воздействующего звука к собственной частоте колебаний конструкции $\mathbf{f/f_0}$ являются факторами, определяющими передачу звуковой энергии через конструкцию двойного остекления.

Приведем частотные характеристики для некоторых видов остекления, рассчитанные по методике СНиП II-12-77.

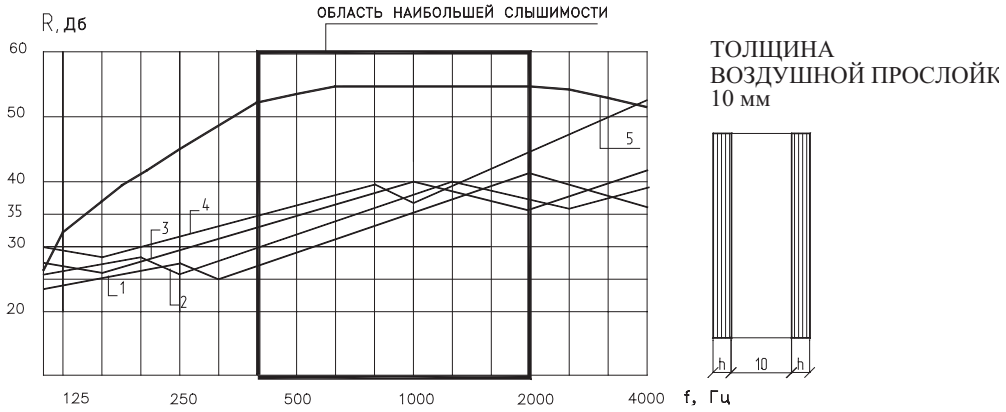


Рис. 6.2.2.4а. Частотные характеристики изоляции воздушного шума двойным остеклением с одинаковыми стеклами, толщиной h.

Толщина воздушного промежутка d=10мм; 1 – h=3 мм; 2 – h=4 мм; 3 – h=6 мм; 4 – h=8 мм; 5 – нормативная кривая изоляции воздушного шума.

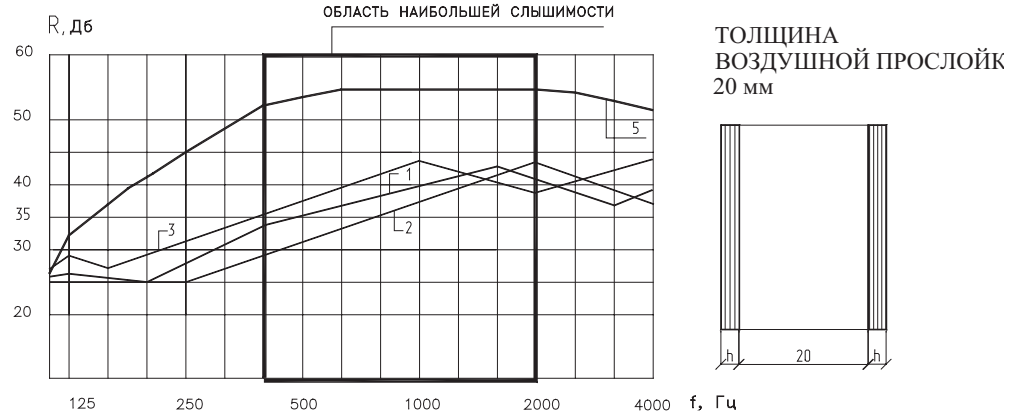


Рис. 6.2.2.4б. Частотные характеристики изоляции воздушного шума двойным остеклением с одинаковыми стеклами, толщиной h.

Толщина воздушного промежутка d=20мм 1 – h=3 мм; 2 – h=4 мм; 3 – h=6 мм; 4 – h=8 мм; 5 – нормативная кривая изоляции воздушного шума.

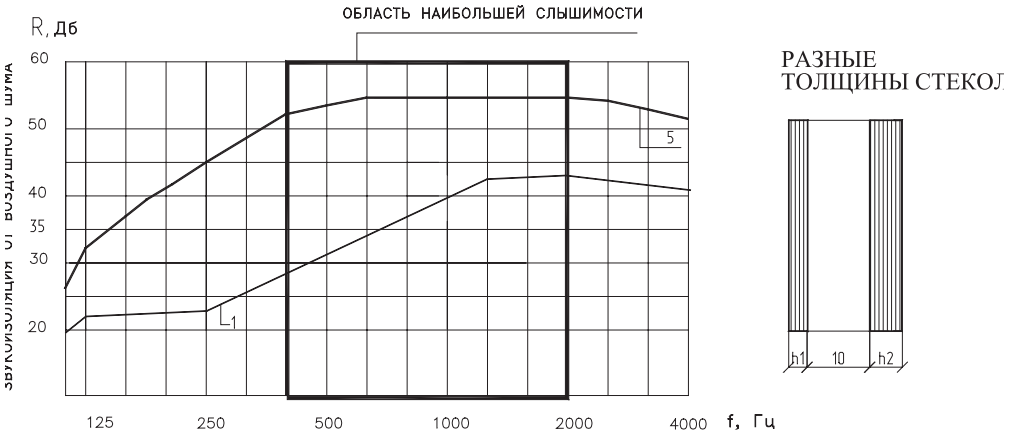


Рис. 6.2.2.5. Частотная характеристика изоляции воздушного шума д войным остеклением со стеклами, различной толщины h1 и h2.

Толщина воздушного промежутка d=10мм. 1 – h1 =4 мм (m=10 кг/м2), h2=6 мм (m=15 кг/м2); 5 – нормативная кривая изоляции воздушного шума.

Анализируя совместно рис. 6.2.2.4. и рис. 6.2.2.5, можно проследить зависимость влияния различных факторов на звукоизоляцию остекления. При одинаковой толщине стекол, а следовательно, и при одинаковой поверхностной плотности, частоты волнового совпадения для обоих стекол совпадают, т.е. **fгр1 = fгр2**. При этом преимущества, получаемые за счет увеличения массы стекол, в значительной степени теряются из-за смещения **fгр** в сторону средних частот.

Увеличение толщины воздушной прослойки приводит к смещению частоты $\mathbf{f_0}$ в сторону низких частот, давая общую тенденцию к повышению звукоизоляции на средних, однако не решает проблем, связанных с волновым совпадением.

Оптимальными характеристиками обладает система со стеклами различной толщины (рис. 6.2.2.5). В этом случае частоты **fгр1 и fгр2** не совпадают, частотная характеристика сглаживается и не имеет провалов.

ИНДЕКС ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА

Частотная характеристика остекления наиболее полно позволяет судить о его звукозащитных качествах, однако практически никогда не приводится производителями окон и стеклопакетов в сопроводительной технической документации. Как уже отмечалось, для приближенной оценки звукоизоляции может быть использована величина *индекса изоляции воздушного шума* **Rw** (в большинстве отечественных источников **Iв**).

Индекс изоляции воздушного шума определяют для конструкции с известной частотной характеристикой (построенной на основании расчетов или экспериментальных данных). При этом для его вычисления применяется формула (6.2.2.5) .

$$Iв=50+\Delta в, [дБ] \qquad (6.2.2.6)$$

где

Δв – поправка, определяемая по сумме неблагоприятных отклонений частотной характеристики вниз от нормативной кривой.

Приведем в табличном виде соотношение индекса звукоизоляции **Rw** (а также индекса **Ra**, приближенно рассчитанного по формуле (6.2.1.2), с реальными звукоизоляционными качествами остекления, для конструкций, частотные характеристики которых были рассмотрены в предыдущем разделе.

Табл. 6.2.2.1

Индексы изоляции воздушного шума остеклением

N п/п	Конструкция остекления	Индекс изоляции **Rw**, [дБ]	Индекс изоляции **Ra**, [дБА]
	Одинарные стекла		
1	3 мм	24	20.4
2	4 мм	26	21.6
3	6 мм	28	22.8
4	8 мм	30	24
	Двойное остекление (стеклопакеты)		
5	3-10-3	30.5	24.3
6	4-10-4	33	25.8
7	6-10-6	34.5	26.7
8	3-20-3	33	25.8
9	4-20-4	34	26.4
10	6-20-6	36	27.6
11	4-10-6	36	27.6

Методика расчета индекса звукоизоляции одинакова для всех конструкций и подробно изложена во многих литературных источниках. Следует, однако, отметить, что индекс изоляции является величиной, определяемой чисто арифметическими вычислениями, и не дает возможности судить о каких-либо физических закономерностях.

6.2.3. ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ОКОННЫХ БЛОКОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ УВЕЛИЧЕНИЯ.

Выше были рассмотрены теоретические положения применительно к заполнению оконных блоков, т.е. непосредственно к светопрозрачной части – остеклению. С незначительной погрешностью можно говорить о том, что все описанные выше закономерности применимы и к неоткрывающимся глухим окнам, не имеющим неплотностей.

На работу открывающегося окна в значительной степени оказывают влияние такие факторы как тип оконного уплотнения и, соответственно – его прижим, обеспечиваемый системой фурнитуры. На рис. 6.2.3.1 для сравнения приведены расчетная частотная характеристика для одинарного стекла, толщиной 6 мм и характеристика того же стекла, но установленного в раздвижной системе «холодного остекления», полученная экспериментальным путем.

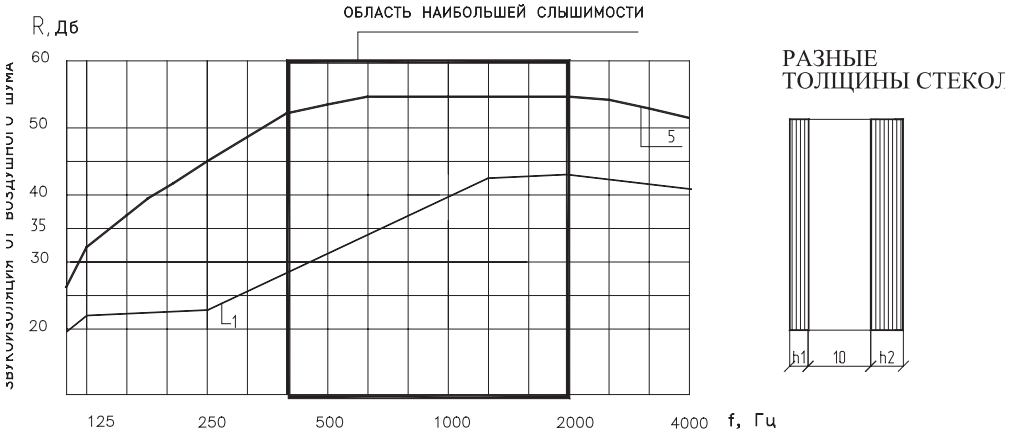


Рис. 6.2.3.1. Частотные характеристики изоляции воздушного шума одинарным стеклом, толщиной h = 6 мм:

1 – расчетная без учета характера закрепления, **Rw = 28 Дб**; 2 – экспериментальная при установке в параллельно-раздвижном окне размером 1228 • 1476 мм; размер подвижной створки 610 • 1418 мм, **Rw = 27 Дб.**

На рис. 6.2.3.2 показаны частотные характеристики, полученные экспериментальным путем для окон из ПВХ двух типов: а) полностью открывающееся поворотно-откидное окно и б) раздвижное окно того же размера. В обоих окнах установлен однокамерный стеклопакет 4-12-4.

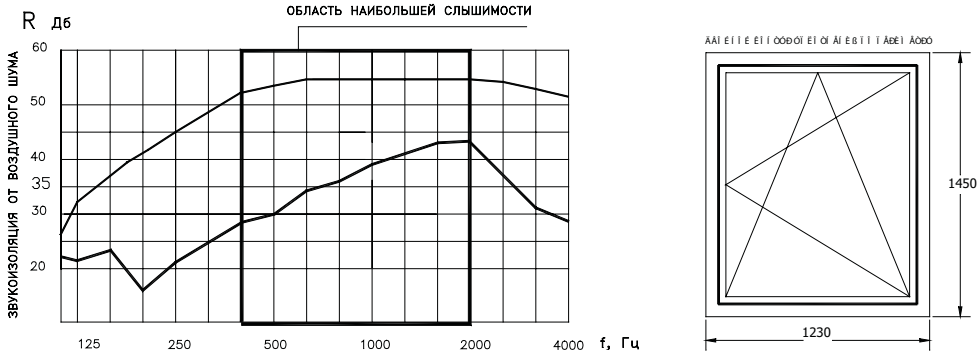


Рис. 6.2.3.2а. Частотные характеристики изоляции воздушного шума полностью открывающимся поворотно-откидным ПВХ-окном, размером 1226 • 1447 мм с двумя контурами резинового уплотнения по всему периметру – Rw = 33 Дб.

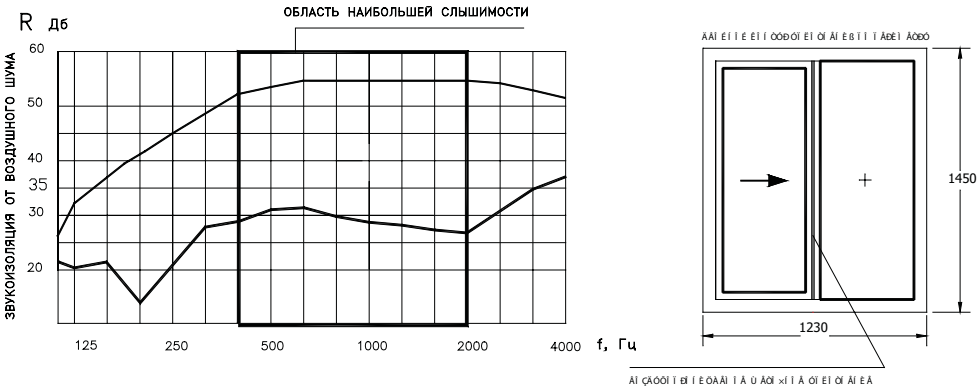


Рис. 6.2.3.2б. Частотные характеристики изоляции воздушного шума параллельно-раздвижным ПВХ-окном, размером 1228 х 1476 мм; размер подвижной створки 610 • 1418 мм – два контура резинового уплотнения по периметру глухой и подвижной створок; щеточное уплотнение между глухой и подвижной створками **– Rw = 28 Дб.**

Из рис. 6.2.3.1 хорошо видно, что теоретические расчеты светопрозрачных конструкций, основанные исключительно на рассмотрении работы заполнения, не могут с достаточной точностью характеризовать звукоизоляционные качества оконного блока в целом.

А данные, приведенные на рис. 6.2.3.2, говорят о том, ***что заполнение одного и того же проема окнами, имеющими различное открывание, может дать очень большую разницу в звукоизоляции*** (6 Дб в индексе **Rw**). Из рисунка видно, что щеточное воздухопроницаемое уплотнение, устанавливаемое в раздвижных окнах между подвижной и глухой частями, резко ухудшает работу оконного блока на наиболее слышимых средних частотах, за счет чего происходит значительное падение его звукоизоляционных качеств по сравнению с поворотно-откидным окном.

Как показывают данные экспериментальных исследований, окна с двухкамерным стеклопакетом не имеют практически никаких преимуществ с точки зрения звукоизоляции перед однокамерным. Поскольку в двухкамерном стеклопакете среднее стекло, как правило, размещено посередине между крайними стеклами, это стекло не

только не дает роста звукоизоляции, но и может даже снизить ее, поскольку в такой системе происходит повышение резонансной частоты $\mathbf{f_0}$ (формула (5.9)) по сравнению с однокамерным стеклопакетом, до значений, максимально приближенных к области наилучшей слышимости. Так, однокамерный стеклопакет 4– 12 – 4 имеет резонансную частоту 250 Гц, а двухкамерный 4-12-4-12-4 – 300 Гц. При этом индекс изоляции **Ra** двухкамерного стеклопакета 4-12-4-12-4 составляет всего лишь 28 Дб.

Значительно более высокие результаты по окнам, имеющим три стекла, можно получить путем установки дополнительной створки с одинарным стеклом. Такое решение применяется большинством производителей деревянных окон в Финляндии, а также реализовано отдельными производителями профильных систем из ПВХ . В таком окне за счет разницы воздушных промежутков между стеклами можно получить оптимальную точку для частоты $\mathbf{f_0}$,что может дать значения индекса изоляции **Ra** порядка 47 … 49 дБ. Конструкции таких окон показаны на рис. 6.2.3.3.

а) б)

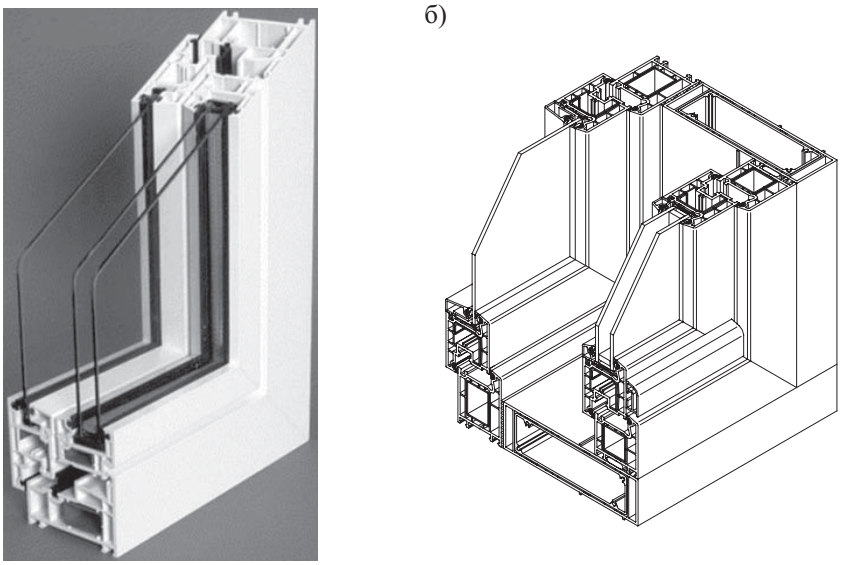


Рис. 6.2.3.3. Окно конструкции « 2 + 1 » со стеклопакетом и одинарным стеклом. Система VEKA Softline AD;

а) – спаренное остекление, б) – раздельное остекление (расстояние между створками 100 мм).

Определенный эффект может быть достигнут при установке в окне стеклопакетов с акустическим триплексом – многослойным стеклом со специальным промежуточным слоем – акустической пленкой. Акустическая пленка имеет толщину от 1 до 2 мм и является своего рода демфером колебаний, обеспечивающим затухание звуковых волн непосредственно в стекле за счет трения.

В табл.6.2.3.1 и на графике рис. 6.2.3.4 приведены шумозащитные характеристики одностворчатых поворотно-откидных окон из ПВХ, изготовленных из профилей системы VEKA SOFTLINE, в которых установлены стеклопакеты различной конструкции. Данные приведены в соответствии с протоколами испытаний по методике DIN 52210 (габаритный размер окна 1230 мм • 1480 мм). Значение индекса звукоизоляции $\mathbf{R_{WP}}$ определено на основании частотной характеристики, полученной в результате испытаний; значение индекса звукоизоляции $\mathbf{R_{WR}}$ определяется как $\mathbf{R_{WR} = R_{WP} - 2}$ **дБ** и является

величиной, принимаемой в качестве расчетной. Поправка в 2 дБ вводится в измеренную величину в соответствии с DIN 4109 «Шумозащита в капитальном строительстве» и представляет собой коэффициент запаса, вводимый для условий установки окна на реальном строительном объекте. Заполнение стеклопакетов аргоном применено для достижения требуемых теплотехнических характеристик.

Для сравнения в табл.6.2.3.1 также приведены звукоизоляционные характеристики двухкамерного стеклопакета (в соответствии с СП 23-103-2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий»).

Табл.6.2.3.1

Частотные характеристики изоляции транспортного шума одностворчатыми поворотно-откидными ПВХ-окнами из профилей системы VEKA SOFTLINE со стеклопакетами различной конструкции

Конструкция стеклопакета	**Звукоизоляция в октавных полосах частот, R (f), Дб**							**Индексы звукоизоляции**
	63	125	250	500	1000	2000	3150	$R_{WP}\backslash R_{WR,}$ Дб
4 – 16Ar – 4 содержание аргона – 98 %	21,9	26,4	20,1	33,2	40,8	44,3	32,4	34/32
6 – 16Ar – 4 содержание аргона – 87 %	28,6	27,8	26,7	37,1	41,7	40,5	43,4	38/36
9 (триплекс) – 20Ar – 6 содержание аргона – 97 %;	31,0	29,8	35,2	42,7	47,0	43,5	45,8	44/42
9 (триплекс) – 16(Ar; SF_6) – 4 содержание аргона – 58 %; гексафторида серы – 25 %	30,6	29,9	30,9	43,4	47,2	41,6	46,4	43/41
13 (триплекс) – 16(Ar; SF_6) – 9(триплекс) содержание аргона – 58 %; гексафторида серы – 26 %	33,3	35,5	40,7	45,2	47,7	47,8	50,1	47/45
Сравнительные характеристики для двухкамерного стеклопакета (СП 23-103-2003)								
Поворотно-откидное окно из ПВХ профилей с двухкамерным стеклопакетом **4-12-4-12-4** (СП 23-103-2003)		24	25	31	38	39	35	

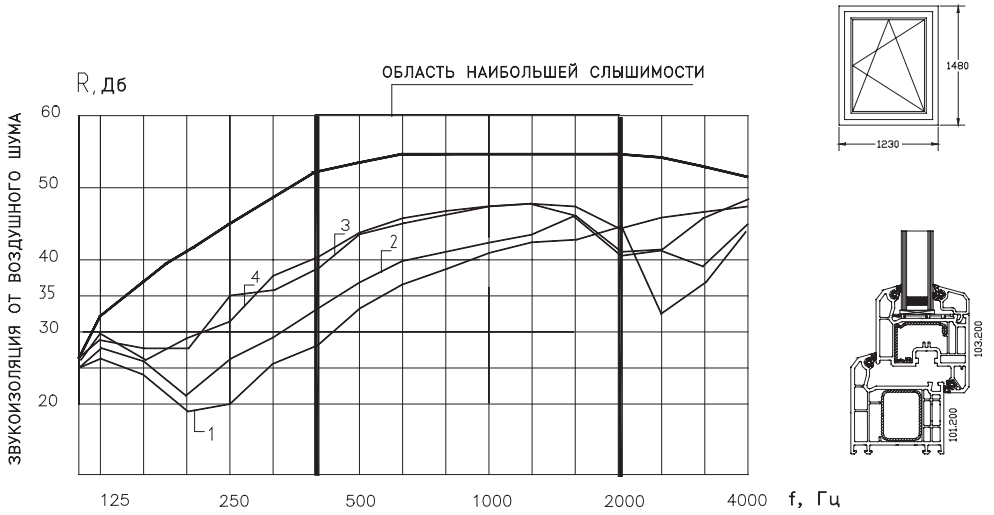


Рис. 6.2.3.4. Сравнение частотных характеристик изоляции транспортного шума оконными блоками с различными стеклопакетами.

1 – стеклопакет 4 – 16Ar – 4; 2 – стеклопакет 6 – 16Ar – 4; 3 – стеклопакет 9 (триплекс) – 20Ar – 6; 4 – стеклопакет 9 (триплекс) – 16(Ar; SF_6) – 4; 5 – нормативная кривая.

Таким образом, в настоящем разделе были принципиально перечислены практически все конструктивные решения окон, которые могут быть реализованы с точки зрения повышения их шумозащитных качеств при нахождении в положении «закрыто». Из табл.6.2.3.1 и графика рис. 6.2.3.4 мы можем увидеть, что несмотря на высокие значения индексов звукоизоляции оконных блоков со специальными стеклопакетами, они все же имеют относительно низкие значения звукоизоляции в области низких частот.

Вместе с тем, транспортный шум, представляющий основную нагрузку на окна, по своей природе является низкочастотным. Как показывает практика акустического проектирования, низкие частоты хорошо изолируются только тяжелыми, массивными конструкциями, имеющими высокую поверхностную плотность и хорошо работающими по закону массы. В пределах разумного, с точки зрения оконных технологий – задача малореальная, даже при условии применения дорогостоящих систем 2+1 (рис. 6.2.3.3).

Поэтому повышение звукоизоляции окон, приближающее их к непрозрачным участкам стен, может быть достигнуто только за счет применения массивных экранов (ставен, жалюзей, рольставен) или специальных архитектурно – планировочных мероприятий.

6.3. АКУСТИЧЕСКАЯ РАБОТА ОКОН, ОТКРЫТЫХ В РЕЖИМЕ ВЕНТИЛЯЦИИ И ПРОВЕТРИВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА.

При рассмотрении акустической работы окон, открытых в режиме вентиляции, необходимо принимать во внимание следующее.

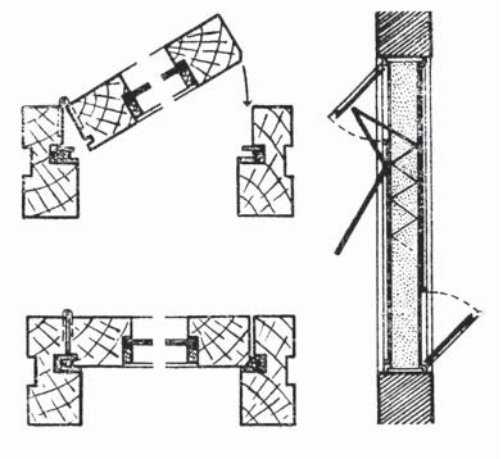
По результатам натурных измерений, звукоизоляция окна в открытом положении (в зависимости от площади открытого элемента) составляет от 8 до 14 дБА – в среднем 10 дБА. Таким образом, можно говорить о том, что ***при открывании окна в режиме вентиляции, его звукоизоляционные качества падают в 100 раз по сравнению с закрытым положением.*** При этом радикальной альтернативой может являться только централизованная принудительная приточная вентиляция всего здания в целом – вариант технически сложный и дорогостоящий.

Компромиссным решением, в общих чертах найденным на сегодняшний день, являются окна с так называемыми «шумозащитными клапанами», обеспечивающими требуемое снижение шума в режиме вентиляции. В нашей стране разработки в этом направлении были начаты в рамках программы Координационного центра Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ) по строительной акустике и приостановлены с началом экономических реформ.

В рамках этой программы специалистами Института строительной техники в Варшаве совместно с учеными из Венгрии, Восточной Германии и Советского Союза было разработано пять типов устройств шумоглушения, принципиальные схемы которых приведены на рис. 6.3.0.1.

Схемы, показанные на рис. 6.3.0.1 фактически отражают все инженерные идеи, связанные с проветриванием помещений, находящихся в экологически неблагополучных зонах, и разрабатываемые вплоть до сегодняшнего дня, как в странах Европы, так и в России.

Первая группа технических решений связана с попытками организации определенного способа проветривания через окно. В отечественных и зарубежных публикациях конца 1950-х начала 1980-х годов можно увидеть достаточно много конструктивных вариантов шумозащитных окон, имеющих сложную схему открывания для удлиннения и усложнения пути прохождения приточного воздуха через окно (рис.6.3.0.2). Однако, проектирование и эксплуатация экспериментальных объектов показали неэффективность таких систем.



Открывающиеся части внутреннего и наружного переплетов смещены с целью снижения передаваемого звука за счет поглощения и многократного отражения звуковой волны.

Рис.6.3.0.2. Шумозащитное окно с совмещенными функциями шумозащиты и проветривания.

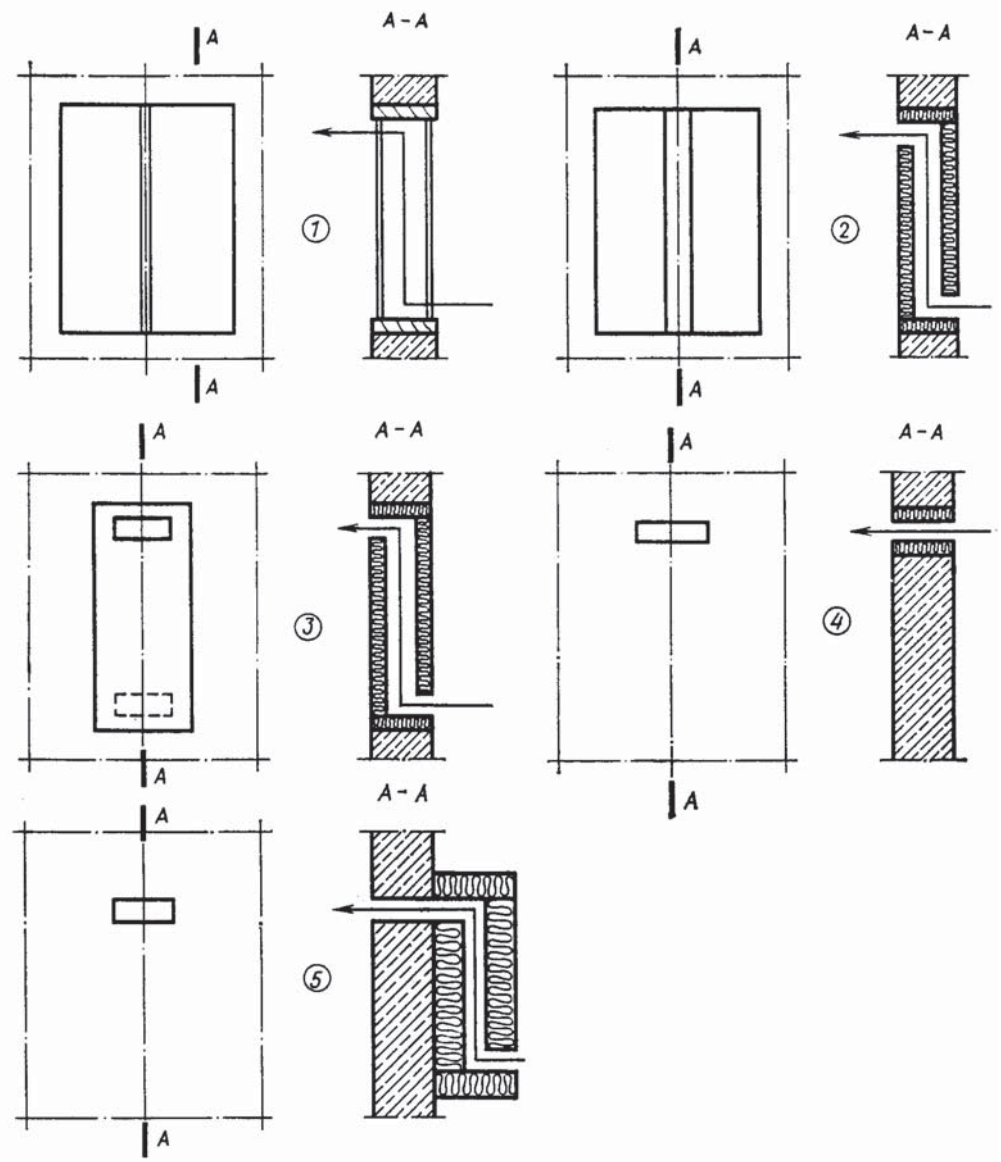


Рис. 6.3.0.1 Классификация вентиляционных конструкций, работающих в режиме шумоглушения (программа Координационного центра СЭВ по строительной акустике, 1985 г.).

1 – окно, конструкция которого обеспечивает поток воздуха без открывания створок, 2 – окно с встроенным вентиляционным элементом, 3 – самостоятельный вентиляционный элемент, образующий фрагмент наружной стены, 4 – самостоятельный вентиляционный элемент в виде заглушенного канала, проходящего перпендикулярно поверхности наружной стены, 5 – самостоятельный вентиляционный элемент, приставляемый к наружной стене.

Приблизительно с середины 80-х годов разработки в области шумозащитного проветривания смещаются в сторону проектирования хорошо уплотненных окон, совмещенных с самостоятельным вентиляционным каналом (рис.6.3.0.3). В нашей стране наибольшую известность получили такие конструкции системы МНИИТЭП (Московского НИИ типового и экспериментального проектирования), опробованные в Москве в жилом доме по Б. Тульской улице и в девяти жилых корпусах по Хорошевскому шоссе.

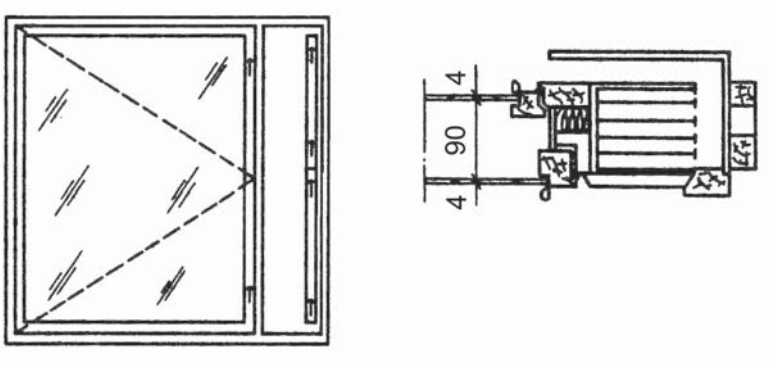


Рис.6.3.0.3. Шумозащитные окна с самостоятельным вентиляционным каналом.

Таким образом, в ***решении проблемы наметилась тенденция к разделению функции проветривания и конструированию непосредственно шумозащитного окна,*** которая в настоящее время сохраняется в программах ведущих европейских производителей шумозащитных систем.

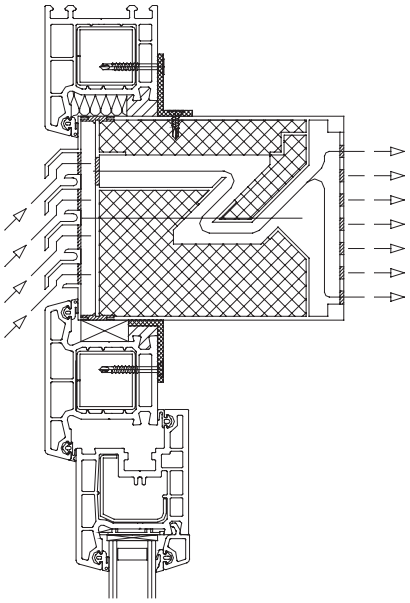


Рис.6.3.0.4. Вариант прохождения звуковой волны через шумозащитный проветриватель.

При высоких уровнях внешнего шума приток свежего наружного воздуха необходимо осуществлять через приточные клапаны-глушители шума (шумозащитные проветриватели) (рис.6.3.0.4), интегрированные в оконный блок или располагаемые на стене рядом с окном. Приборы такого типа являются мощными глушителями шума и обладают за счет большой собственной массы в сочетании со звукопоглотителем звукоизоляцией, как минимум, равной оконному блоку, или превышающей его показатели.

Снижение звуковой энергии, проходящей через шумозащитный проветриватель в помещение, осуществляется при движении звуковой волны по воздушным каналам, формируемым звукопоглощающими материалами и имеющим на пути прохождения волны повороты и переменное сечение.

При движении звуковой волны по каналу общее количество энергии, которое она несет, уменьшается. Это происходит за счет перехода энергии звуковых волн в теплоту за счет трения и наличия реактивного сопротивления в канале, возникающего при возникновении препятствий на пути движения волны – поворотах и смене сечения. Таким образом, ***с точки зрения техники, шумозащитный проветриватель представляет из себя классический глушитель, путь прохождения звуковых волн в котором целенаправленно проектируется для снижения энергии волн определенной длины и, соответственно, для заглушения шума определенных частот.*** Так, шум авторанспорта, железнодорожных магистралей и самолетов вблизи аэропортов имеют различный частотный спектр, соответственно и глушители шума для этих разных задач должны проектироваться по разному. На рис. рис.6.3.0.4 показана одна возможных схем прохождения звуковой волны через шумозащитный проветриватель.

Важным преимуществом шумозащитных проветривателей является ***возможность установки вентилятора, что позволяет поддерживать в помещении требуемые параметры по замещению отработанного воздуха и допустимым уровням звукового давления круглогодично, вне зависимости от времени года и погодных условий.***

Как уже отмечалось в предыдущих главах, в России основным средством для поддержания необходимых гигиенических условий в помещениях жилых и административных зданий, не оснащенных централизованными системами вентиляции и кондиционирования микроклимата, является естественный воздухообмен. Таких зданий у нас в стране подавляющее большинство, за исключением отдельных вариантов дорогого элитного жилья и административных зданий.

В российском жилищном строительстве принимается следующая схема вентиляции квартир. Вытяжка осуществляется естественным путем непосредственно из зоны его наибольшего загрязнения, т.е. из кухонь и санитарных помещений через вентиляционные каналы. Его замещение происходит за счет наружного воздуха, поступающего через окна. Квартира рассматривается в качестве единого объема, в котором воздух перетекает из одного помещения в другое через межкомнатные двери, имеющие подрезку внизу, или находящиеся в открытом положении.

В реальной жизни такая схема срабатывает не всегда, поскольку межкомнатные двери в решении современных интерьеров, как правило, не имеют подрезки. Здесь же можно отметить всевозможные строительные сложности, оказывающие негативное влияние на систему вытяжной вентиляции, вплоть до выхода ее из строя. Кроме того, в зимнее время мы можем наблюдать перегрев помещения, вызванный избыточной мощностью системы отопления.

В зимнее время естественный перенос воздуха в здании осуществляется под действием разности давлений внутреннего и наружного воздуха, возникающей вследствие перепада температур или под действием ветра. В летнее время значения температуры воздуха снаружи и внутри помещения близки между собой. Соответственно, и все приточные приборы, рассчитанные на работу за счет естественной разницы давлений, в летнее время теряют свой смысл. По данным отечественных исследований [14], требуемый воздухообмен в помещении за счет естественной разницы давлений будет создаваться при температуре наружного воздуха ниже + 13 °С … 15 °С, при более высокой температуре нужно подключать устройства механического побуждения – вентиляторы. Если сделать некоторую корректировку на неисправности в работе вытяжных систем, то реальные «рабочие» значения температур для приборов с естественным побуждением, будут еще ниже. Кроме того, такие факторы как этажность здания, наличие «теплого»

или «холодного» чердака, расположение наветренного и подветренного фасадов и др., в значительной степени усложняют прогнозирование нормальной работы приточных устройств, предназначенных для работы под действием естественной разницы давлений.

В настоящее время в Европе существует целый ряд предприятий, работающих в области производства шумозащитных проветривателей. Развитую номенклатуру изделий имеют немецкие предприятия SIEGENIA-AUBI, G-U, LUFTOMATIC, бельгийское предприятие RENSON. Определенную долю рынка в Европе занимает голландское предприятие INNOCORSE.

В России наиболее известна программа шумозащитных проветривателей признанного европейского лидера в этой области – предприятия SIEGENIA-AUBI (ФРГ). Предприятием разработана широкая гамма проветривателей, позволяющих реализовать практически любое архитектурно-дизайнерское решение: устройства такого типа могут располагаться на стене рядом с окном, быть встроенными в подоконник и, даже, при необходимости – в междуэтажное перекрытие.

Ниже приведено краткое описание некоторых типов проветривателей предприятия SIEGENIA-AUBI и сводная таблица их технических характеристик. Предприятие SIEGENIA-AUBI выпускает проветриватели, которые могут быть разделены на две основные подгруппы:

- шумозащитные проветриватели, устанавливаемые на непрозрачном участке наружной стены **(пристенные проветриватели)**;
- шумозащитные проветриватели, устанавливаемые в пределах оконного проема **(оконные проветриватели)**.

Все проветриватели могут функционировать как отдельные устройства, так и как элементы комплексной системы вентиляции здания (см. главу 9).

К группе «оконных проветривателей» относятся устройства, выпускаемые под торговой маркой «Аэромат» (Aeromat) (рис.6.3.0.5) с высотой корпуса прибора 80,100 и 150 мм и соответственно маркируемые как Аэромат-80; Аэромат-100 и Аэромат-150. «Оконные» приборы относятся к наиболее ранним разработкам компании «ЗИГЕНИА-АУБИ» в области шумозащитных проветривателей.

При помощи приборов такого типа осуществляется регулируемый приток воздуха через окно, за счет чего обеспечивается долговременное управляемое децентрализованное проветривание помещений.

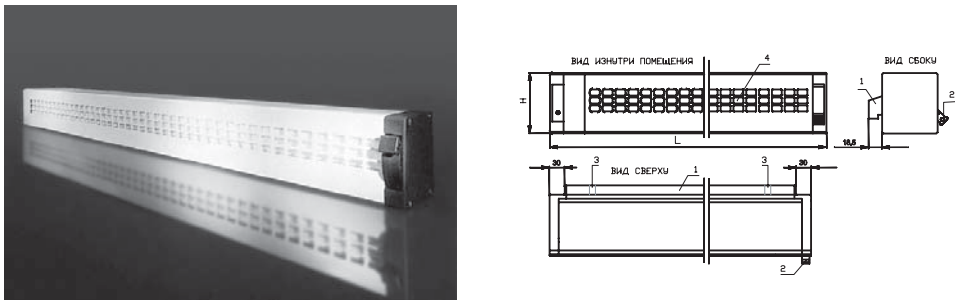


Рис.6.3.0.5. Внешний вид и принципиальная схема проветривателей типа «АЭРОМАТ»

1 – наружный козырек; 2 – рычаг для открывания-закрывания клапана; 3 – отверстия для входа наружного воздуха; 4 – внутренняя вентиляционная решетка. Н – высота корпуса прибора

Движение воздуха в приборе **«АЭРОМАТ 80»** может осуществляться только за счет естественной разницы давлений внутреннего и наружного воздуха, поэтому для его эффективного функционирования рекомендуется наличие в помещении принудительной вытяжной вентиляции.

Движение воздуха в приборах **«АЭРОМАТ 100»** и **«АЭРОМАТ 150»** может осуществляться, в зависимости от комплектации, как за счет устройств механического побуждения – электровентиляторов, так и за счет естественной разницы давлений. Управление приборами – ручное, при помощи регулировочного рычага.

Прибор **«АЭРОМАТ 80»** осуществляет функцию только притока; приборы **«АЭРОМАТ 100»** и **«АЭРОМАТ 150»** – притока и вытяжки.

Наружный воздух попадает в приборы через отверстия (поз.3 рис.6.3.0.5), после чего проходит через звукопоглотитель, попадая затем в помещение через вентиляционную решетку (поз.4 рис.6.3.0.5). Решетка открывается и закрывается вручную при помощи рычага (поз.2 рис.6.3.0.5), к которому для удобства может быть подведен ручной привод дистанционного открывания. Каждому конструктивному решению звукопоглотителя соответствует определенный расход воздуха, обеспечиваемый устройством.

Приборы могут быть установлены в пределах оконного проема в трех основных положениях:

1. горизонтально в проеме над (под) оконным блоком как независимый конструктивный элемент;
2. горизонтально в пределах оконного блока как элемент заполнения рамы;
3. горизонтально в пределах оконного блока – в раму (при глухом остеклении) или в створку совместно со стеклопакетом.

Варианты принципиальных схем монтажа проветривателей типа «Аэромат» приведены на рис.6.3.0.6 .

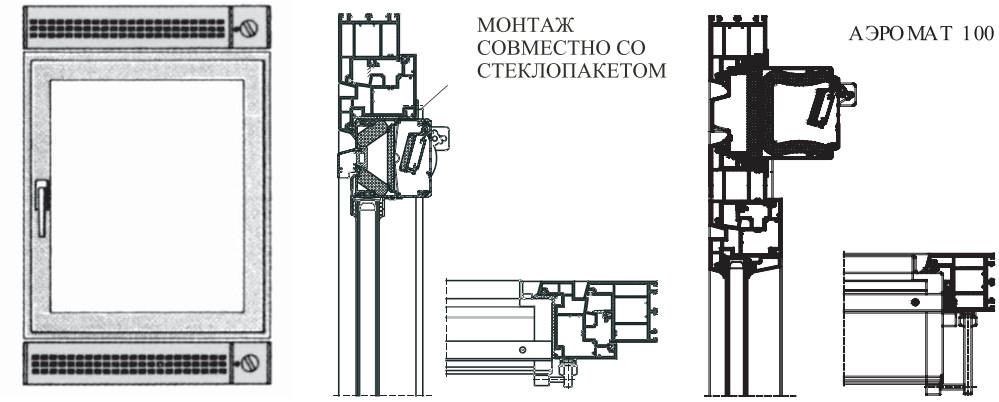


Рис.6.3.0.6. Варианты монтажа проветривателей типа «АЭРОМАТ»

Проветриватели SIEGENIA-AUBI выпускаемые под маркой **«Аэропак»** (Aeropac) и **«Аэровитал»** (Aerovital) относятся к проветривателям пристенного типа (рис.6.3.0.7) и представляют собой самостоятельный вентиляционный элемент, приставляемый к наружной стене.

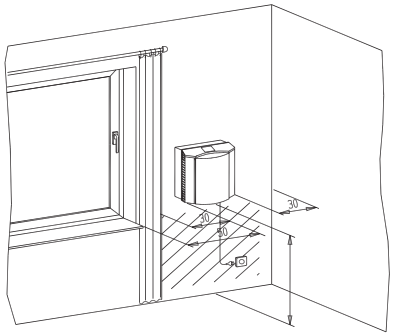


Рис.6.3.0.7. Схема монтажа проветривателя пристенного типа.

Прибор **«Аэропак»** (габаритные размеры корпуса 405 х 250 х 115 мм) оборудован угольным фильтром, абсорбирующий выхлопные газы и пыль. Движение воздуха в приборах осуществляется за счет устройства механического побуждения – электровентилятора. В осенне-зимний период – ноябрь-март, работа приборов может осуществляется за счет естественной разницы давлений внутреннего и наружного воздуха (при выключенном вентиляторе). Управление прибором осуществляется вручную при помощи регулятора мощности. Кроме того, также вручную может осуществляться дополнительное регулирование подачи воздуха и шумозащитных характеристик, путем открытия или закрытия вентиляционных решеток, расположенных на боковых поверхностях корпуса.

Проветриватель **«Аэровитал»** (габаритные размеры корпуса 467 х 490 х 178 мм, вес – 12,5 кг) является приточно-вытяжным (с переключением 10-ти ступеней мощности на приток и вытяжку) и оборудован теплообменником-рекуператором, передающим тепло внутреннего воздуха помещения, наружному воздуху, поступающему с улицы (рис.6.3.0.9). Управление прибором **«Аэровитал»** может осуществляться вручную или при помощи пульта дистанционного управления.

Приборы пристенного типа могут эффективно применяться в спальнях и жилых комнатах квартир, в помещениях детских садов и школ, в палатах и процедурных кабинетах лечебных учреждений, а также в рабочих помещениях административных зданий. Кроме общих функций, выполняемых практически всеми шумозащитными проветривателями (плавный приток наружного воздуха в режиме шумоглушения, фильтрация от выхлопных газов и пыли), прибор **«Аэровитал»** позволяет решать и целый ряд дополнительных специальных задач, таких как: поддержание требуемых параметров температуры и влажности в помещении, энергосбережение за счет рекуператора, фильтрация от аллергенной пыльцы растений.

а) б)



Рис.6.3.0.8. Пристенные шумозащитные проветриватели SIEGENIA-AUBI.
а) «Аэропак»; б) «Аэровитал»

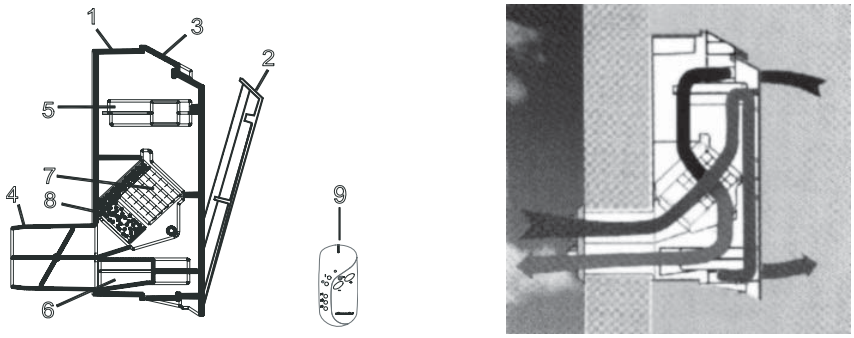


Рис.6.3.0.9. Схема движения воздуха в пристенном проветривателе «Аэровитал».

1 – корпус; 2 – передняя панель; 3 – датчик с дисплеем, (отражающим показатели по температуре и влажности), 4 – воздухозаборник, 5 – приточное устройство, 6 – вытяжное устройство, 7 – теплообменник, 8 – синтетический фильтр, в зависимости от типа прибора, 9 –пульт дистанционного управления.

Интересным решением SIEGENIA-AUBI представляется прибор **«Аэромат-ВТ»**, предназначенный для размещения в области подоконника (рис.6.3.0.10). Прибор может выдерживать вес вышестоящих конструкций до 1000 кг, что позволяет использовать его в зданиях с крупноформатным остеклением.

«Аэромат-ВТ» обеспечивает контролируемый приток воздуха с бесступенчатой регулировкой. Прибор осуществляет функцию притока и вытяжки. Движение воздуха в приборе может осуществляться, в зависимости от комплектации, как за счет устройств механического побуждения – электровентиляторов, так и за счет естественной разницы давлений.

На базе **«Аэромат-ВТ»** можно создавать различные модификации. Например, объединять два прибора в одном корпусе. При этом общая высота конструкции увеличивается в два раза. Такой проветриватель называется **«Аэромат-Варио»**. Он может оснащаться рекуператорами и различными фильтрами, а также работать на приток и вытяжку одновременно.

«Аэромат-ВТ» может применяться в помещениях жилых и общественных зданий различного назначения, в том числе для зданий повышенной этажности.



Рис.6.3.0.10. Подоконный проветриватель «Аэромат-ВТ».

Выше были рассмотрены принципиальные конструктивные решения ряда проветривателей из производственной программы предприятия SIEGENIA-AUBI, которая на сегодняшний день является самой развитой в Европе.

Ниже приведена сводная таблица их технических характеристик (табл. 6.3.0.1), а также разъяснения относительно используемых величин. Прежде всего, это относится к методикам испытаний шумозащитных проветривателей, на основании которых приводятся рабочие показатели, содержащиеся в технических условиях и рекламных проспектах европейских производителей.

Табл. 6.3.0.1.

Технические характеристики шумозащитных проветривателей (с вентилятором) SIEGENIA-AUBI*

№ п/п	Марка проветривателя	Объем пропускаемого воздуха, $м^3/ч$	$R_{w-1,9}$ Дб	$D_{n,w}$ Дб
1	Аэропак	20-135	46	53
2	Аэровитал	15-55	45	52
3	Аэромат -ВТ	30-50	51	58
4	Аэромат-100	75	39	48
* Характеристики приведены для проветривателей в полностью открытом состоянии				

В России принята и отработана практика лабораторных испытаний только для проветривателей, интегрированных в оконный блок (типа Аэромат). Испытания проводятся по методике ГОСТ 26602.3-99 «Блоки оконные и дверные. Метод определения звукоизоляции», в результате которой можно получить характеристику системы окно+проветриватель, но нельзя выделить отдельно характеристики непосредственно проветривателя.

В Европе, где преимущественно и производятся все эти изделия, существует целая группа стандартов, регламентирующих методы испытаний как небольших «оконных» приточных устройств, описанных в главе 5, так и непосредственно шумозащитных проветривателей. В документации производителей шумозащитных проветривателей оконного и пристенного типа, как правило, приводятся ссылки на стандарт DIN 52210 «Строительная акустика. Методы испытаний звукоизоляции от воздушного и ударного шума» (Bauakustische Prufungen – Luft-und Trittschalldammung) и, реже – на новый европейский стандарт ISO 140 часть 3 «Акустика – Лабораторные измерения звукоизоляции от воздушного шума строительными элементами» (ISO 140-3 «Acoustics – Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements»). Здесь нужно отметить, что испытания в акустической камере оконных блоков проводятся в Германии также по стандарту DIN 52210.

Испытания небольших «оконных» приточных устройств проводятся по другой методике, зафиксированной в стандарте ISO 140 часть10 «Акустика – Лабораторное измерение звукоизоляции воздушного шума малыми строительными элементами» (ISO 140-10 Acoustics – «Laboratory measurements of airborne sound insulation of small building elements»).

В чем заключается сущность методики DIN 52210? Сначала имеет смысл рассмотреть ее применительно к оконным блокам. Испытываемое окно помещается в проем стены, разделяющей камеру высокого уровня (с источником), где измеряется уровень звукового давления $\mathbf{L_S}$ и камеру низкого уровня (с измерителем уровня проникающего шума), где измеряется уровень звукового давления LE . Объем камеры с источником – 53 $м^3$; объем

камеры низкого уровня – 65 м^3. Стена, разделяющая камеры, имеет высокую звукоизоляцию; размеры проема для установки окна фиксированы – 1,25 м • 1,50 м = 1, 88 м^2 (**у 1, 9 м^2**). Соответственно, испытываемый оконный блок имеет фиксированные размеры: ширину1230 мм и высоту 1480 мм. Дробление окна переплетами – произвольно. В идеале, для каждого варианта дробления, схемы открывания и уплотнения, нужно проводить отдельные испытания.

В результате испытаний получают значение звукоизоляции окна $\mathbf{R_i}$ на каждой из частот нормируемого диапазона, строят частотную характеристику, после чего вычисляют индекс изоляции $\mathbf{R_w}$.

При испытании шумозащитных проветривателей в проем вставляют «идеальное окно» – непрозрачную перегородку с высокой звукоизоляцией ($\mathbf{R_w}$ =50 дБ), а уже в перегородку монтируют непосредственно проветриватель определенной конструкции. По этой методике оцениваются как проветриватели, предназначенные для установки в пределах оконного проема (над окном, в пределах оконного блока или под подоконником), так и рядом с окном – на наружной стене. В любом случае модель «идеального окна» предполагает смысловое разделение проветривателя и окна; в результате чего получаются акустические характеристики прибора «в чистом виде».

Приборы, предназначенные для монтажа в пределах проема, устанавливаются для испытаний в горизонтальном положении и, соответственно имеют длину 1200 мм, что соответствует ширине проема акустической камеры – 1250 мм.

Испытания проводятся для двух граничных положений – проветриватель в полностью открытом положении и проветриватель в полностью закрытом положении.

Помимо степени звукоизоляции окна, акустический микроклимат помещения во многом зависит от степени поглощения или отражения проникших в него звуковых волн. Мы хорошо знаем эффект появления эха в пустой комнате без мебели, возникающий за счет многократного отражения звуковых волн от стен: помещение становится гулким, и звуковая волна, проникшая через окно «блуждает» по нему некоторое время. Более мягкий акустический климат формируется в помещении с мягкой мебелью, коврами на стенах и на полу и т.д. Иными словами, там, где есть много поглощающих звук поверхностей. В строительной акустике этот эффект учитывается при проведении измерений и расчетов, а время затухания звуковых волн в помещении называется временем реверберации $\mathbf{T_q}$.

В методике DIN 52210 площадь поглощающих поверхностей камеры низкого уровня стандартизована – $\mathbf{A_0}$ **=10 м^2** (эквивалентная площадь звукопоглощения).

В протоколах испытаний по методике DIN 52210 отражаются три показателя, соответственно характеризующих три ступени снижения шума (затухания энергии звуковых волн), проходящего через проветриватель:

1) снижение шума в пределах самого проветривателя, определяемое индексом звукоизоляции $\mathbf{R_w}$ (эквивалентная площадь звукопоглощения **А** равна площади отверстия, прорезаемого в «идеальном окне» для установки прибора);
2) снижение шума в пределах самого проветривателя и «идеального окна», определяемое индексом звукоизоляции $\mathbf{R_{w\text{-}1,9}}$ (эквивалентная площадь звукопоглощения **А** равна площади «идеального окна» – 1, 88 м^2 (**у1, 9 м^2**);
3) снижение шума в пределах самого проветривателя, «идеального окна» и непосредственно в помещении, определяемое приведенным индексом звукоизоляции $\mathbf{D_{n,w}}$ (эквивалентная площадь звукопоглощения $\mathbf{A = A_0}$ **=10 м^2** для стандартной испытательной камеры).

Все три перечисленных показателя могут быть встречены как в рекламных материалах, так и в технической документации европейских производителей шумозащитных проветривателей. При этом для каждой из величин приводятся два граничных значения – для проветривателя в полностью открытом положении (geoffnet – нем.) и для полностью закрытого проветривателя (geschlossen –нем.).

Для пристенных приборов, наряду в величиной $\mathbf{R_{w\text{-}1,9}}$, гораздо чаще используют приведенный индекс $\mathbf{D_{n,w}}$, описываемый уравнением

$$D_{n,\,w} = L_S - L_E + 10\lg\left(A_0/A\right) \qquad (6.3.0.1)$$

где

A – расчетная площадь звукопоглощения.

Соответственно, из уравнения (6.3.0.1) мы можем определить взаимосвязь величин $\mathbf{D_{n,\,w}}$ и $\mathbf{R_{w\text{-}1,9}}$.

$$\mathbf{D_{n,\,w} = L_S - L_E + 10\ lg\ (10/10) = L_S - L_E;\ [дБ]}$$
$$\mathbf{R_{w\text{-}1,9} = L_S - L_E + 10\ lg\ (10/1{,}88) = L_S - L_E + 7{,}26\ у\ L_S - L_E + 7;\ [дБ]}$$

Следовательно,

$$R_{w-1.9} = D_{n,\,w} - 7\,дБ \qquad (6.3.0.2)$$

ГЛАВА 7. ФУРНИТУРА ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ОКОН.

7.1. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ФУРНИТУРЫ.

КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ФУРНИТУРЫ.

В общем смысле под понятием *«фурнитура»* (от французского fourniture) понимаются различные вспомогательные (подсобные) материалы для какого-либо производства. В традиционных российских окнах роль фурнитуры выполнял набор простейших ручек и петель, за счет которых осуществлялось их закрывание-открывание. Более сложные системы, применявшиеся в промышленных и общественных зданиях, выполнявшие, например, такие функции как открывание окон, расположенных на значительной высоте от пола, классифицировались в специальной литературе как дополнительные механизмы.

Появление на отечественном рынке развитых и технологичных оконных систем заставляет посмотреть на роль фурнитуры в окне с принципиально иных позиций. В настоящее время *под* ***оконной фурнитурой*** *понимается сложная* ***совокупность механизмов*** *(петель, кронштейнов, тяг, соединительных элементов и др.),* ***обеспечивающих открывание и закрывание окна в различных режимах.*** *Основными режимами являются – поворот окна для мытья стекол и наклон окна для проветривания. При этом весь механизм управляется только от одной ручки.*

В глухих окнах элементы фурнитуры не устанавливаются.

В зависимости от назначения и комплектации фурнитура может выполнять и некоторые дополнительные функции, такие как:

– различные режимы микропроветривания помещений;

– защита от взлома и нежелательного открывания окна детьми;

Кроме того, существует целый ряд специальных приспособлений для межкомнатных, входных и балконных дверей.

Как уже отмечалось в предыдущих главах, основной функцией светопрозрачных ограждений является освещение помещений естественным светом. Частичная потеря светопрозрачности, неизбежно возникающая вследствие запыленности и загрязненности наружного воздуха, влечет за собой состояние дискомфорта, нарушение нормальных условий эксплуатации помещения. Иными словами, окна нуждаются в периодической очистке от загрязнения, при этом все функции эффективного и безопасного обслуживания возложены на систему фурнитуры.

Наиболее актуально проблема возникает в многоэтажных зданиях, где эксплуатация и обслуживание окон напрямую связаны с вопросами жизнебезопасности. Это положение достаточно жестко регламентируется ГОСТ 23166-99 «Блоки оконные. Общие технические условия», вступившим в силу с 1 января 2001 г., согласно которому ***запрещено устройство глухого остекления выше уровня 1-го этажа, если окно не выходит на балкон.***

Для первых этажей, как и в индивидуальном строительстве, необходимость регулярного обслуживания окон вступает в естественное противоречие с мерами по предотвращению проникновения в жилище с целью кражи. Проблема, традиционно решающаяся в России при помощи массивных решеток на окнах, в Германии продвигается по пути совершенствования технических решений стеклопакетов и разработки специальных систем противовзломной фурнитуры*. Иными словами, европейский технический про-

гресс стремится создать условия безопасности, не наносящие ущерба психологическому комфорту.

- В последние годы строительные фирмы Германии стали уделять все большее внимание защите от взлома и противовзломным окнам. Причин тому немало. Статистика говорит в данном случае сама за себя: согласно данным Криминальной полиции ФРГ и страховых компаний, каждые 2,5 мин. в Германии происходит квартирная кража. В 70 % случаев кваритирных краж взломщики проникают через окна или двери оконного типа, которые оснащены менее надежными запорами, чем входные двери, или не имеют их вовсе.

К сожалению, при всей очевидной важности проблемы, в настоящее время вопросы, связанные ***с проектированием и эксплуатацией систем оконной фурнитуры,*** являются своего рода «черной дырой» для российских специалистов-строителей. Из всей области специальных знаний, затрагивающей светопрозрачные ограждения, они практически никак не отражены в профессиональной литературе. Вместе с тем, ***как показывает опыт эксплуатации современных окон в России, как минимум 50% рекламаций, предъявляемых к оконным фирмам, относятся к отказам в работе фурнитуры.*** При этом довольно часто проблема заключается не в качестве комплектующих фурнитуры, а изначально – в тех условиях работы, которые были заданы проектировщиком окна для механизма фурнитуры в целом (габаритные размеры окна, положение запорных ручек, установка окон в помещениях с влажной или агрессивной средой, условия монтажа и др.).

Остановимся более подробно на освещении технических возможностей систем фурнитуры для светопрозрачных ограждений с точки зрения возможной их реализации в проектных решениях.

Системы фурнитуры классифицируются: 1) по способу открывания окна; 2) по типу оконного профиля; 3) по степени защиты от взлома; 4) по геометрической форме окна.

Для классификации фурнитуры по способу открывания введем такое понятие как ***режим открывания.*** Под ***основными режимами открывания*** створки будем понимать:

- поворот;
- откидывание (наклон);
- сдвиг;
- параллельное выставление.

Под ***поворотом*** будем понимать вращение створки вокруг вертикальной оси, расположенной с левой или с правой стороны створки. Расположение оси определяет такое понятие как правое или левое открывание.

Под ***наклоном (или откидыванием)*** подразумевается поворот створки вокруг нижней горизонтальной оси. В терминологии, распространенной в настоящее время, под наклоном как правило понимается поворот на угол порядка 10° – 25°, а под откидыванием – на угол до 180°.

Режим ***сдвига*** подразумевает движение створки вдоль рамы по специальным направляющим.

Режим ***параллельного выставления створки*** предусматривает выдвижение створки из плоскости окна на определенное расстояние. Этот режим может быть применен для микропроветривания по контуру окна (его разгерметизации по всему периметру) или для обеспечения дальнейшего сдвига створки.

Способ открывания окна может предусматривать один или несколько режимов. **По способу открывания** фурнитуру можно разделить на несколько групп.

Поворотная фурнитура с вертикальным подвесом имеет единственный режим – режим поворота и позволяет поворачивать створку в одном направлении – вокруг вертикальной оси. На рис. 7.1.0.1а показано поворотное окно с ложным импостом

В наклонно-поворотной фурнитуре (в ряде источников – «поворотно-откидная» фурнитура) реализована комбинация двух режимов – поворота и наклона (откидывания). Эта фурнитура позволяет одну и ту же створку не только поворачивать вокруг вертикальной оси, но и наклонять как показано на рис.7.1.0.1 б. Окно открывается одной рукой в нужном направлении при определенном положении ручки.

В стандартном варианте последовательность режимов открывания осуществляется следующим образом: сначала – поворот, потом – откидывание (наклон). Концерном SIEGENIA разработана система TBT, в которой стандартная последовательность режимов изменена – сначала откидывание, потом – поворот. Эта система применяется в Англии для детских садов, школ, учебных заведений, больниц – общественных зданий с повышенными требованиями безопасной эксплуатации окон.

Для эффективного быстрого проветривания (режим наклона) створку можно повернуть вокруг нижней горизонтальной оси на фиксированный угол 100-250 (в зависимости от размеров створки). Фурнитура такого типа может устанавливаться на окнах различной формы – арочных, трапецевидных, прямоугольных. В зависимости от ограничений, накладываемых производителями профильной системы, комплект наклонно-поворотной фурнитуры может устанавливаться на одностворчатых и многостворчатых окнах высотой до 2.4 м и шириной до 1.6 м.

Поворотная фурнитура с нижним горизонтальным подвесом (откидная фурнитура) (рис.7.1.0.1.в) работает в режиме откидывания и предназначена для поворота окна на угол до 1800 вокруг горизонтальной оси. В распространенной терминологии такое открывание часто называется фрамужным.

В отдельную группу может быть вынесена поворотная фурнитура с подвесом на средней горизонтальной оси. Такие окна называются ***среднеподвесными*** и применяются, как правило, в мансардных этажах или в помещениях с особыми требованиями по вентиляции.

Сдвижная фурнитура обеспечивает режим сдвига створки и применяется в основном для помещений с пониженными требованиями по теплоизоляции – при одинарном остеклении балконов, лоджий и т.п. Использование сдвижной фурнитуры предполагает применение специальных раздвижных профильных систем (из ПВХ, алюминия или дерева). В окнах с таким открыванием применяется воздухопроницаемое щеточное уплотнение.

Наклонно-сдвижная фурнитура (рис.7.1.0.1г) является наиболее сложной из всех систем и включает в себя три основных режима открывания – наклон, параллельное выставление и сдвиг. В отличие от сдвижной фурнитуры устанавливается на стандартный оконный профиль с уплотнением по контуру.

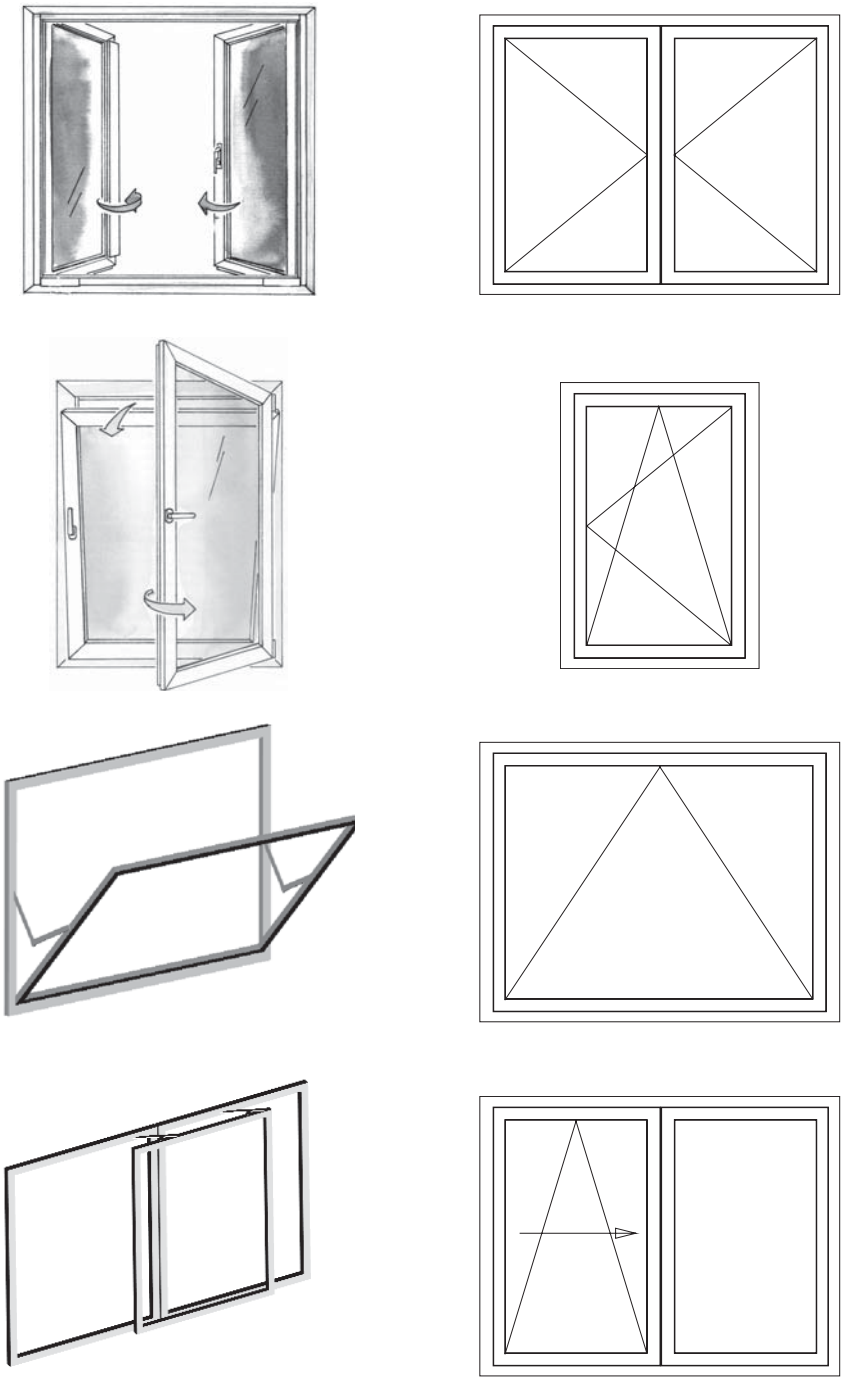


Рис. 7.1.0.1. Окна с различными способами открывания

а) поворотное окно; б) поворотно-откидное окно; в) нижнеподвесное окно (фрамуга); г) наклонно-сдвижное окно.

В наклонно-сдвижной системе обеспечивается плотное запирание створки по всему периметру. Данную фурнитуру целесообразно использовать там, где надо застеклить большую площадь при минимуме свободного места и герметично изолировать одно помещение от другого или от улицы.

Раздвижная складывающаяся фурнитура предназначена в основном для внутренних межкомнатных дверей большой высоты и площади. Может быть эффективно использована в помещениях со свободной планировкой и трансформируемыми перегородками.

По материалу оконного профиля фурнитура подразделяется на фурнитуру для окон
- с переплетами из ПВХ;
- с переплетами из дерева;
- с переплетами из алюминия.

По форме окна фурнитура может быть подразделена на фурнитуру для
- прямоугольных окон;
- арочных окон;
- трапецевидных окон;

ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ФУРНИТУРЫ. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.

Аналогично оконным профилям, при дальнейшем описании конструктивных особенностей фурнитуры различного вида будем применять такое понятие как «система». Однако, если для профилей это понятие однозначно понимается как некоторый набор артикулов, в случае фурнитуры термин «система» имеет двоякое значение.

С одной стороны оно, как и для профилей, действительно подразумевает некий набор отдельных элементов – изделий, принцип комплектации которых будет рассмотрен ниже; с другой стороны ***понятие «системы» для фурнитуры обязательно привязывается к конструкции профильной системы. С этой точки зрения под «системой» понимают совокупность размеров сопряжения профилей рамы и створки.*** Для окон из дерева – это 4/15-8, 12/18-9. Для окон из ПВХ: 12/18 – 9, 12/20 – 9; 12/20 – 13; 12/22 – 13. На рис. 7.1.0.2 представлен профиль системы 12/20–13.

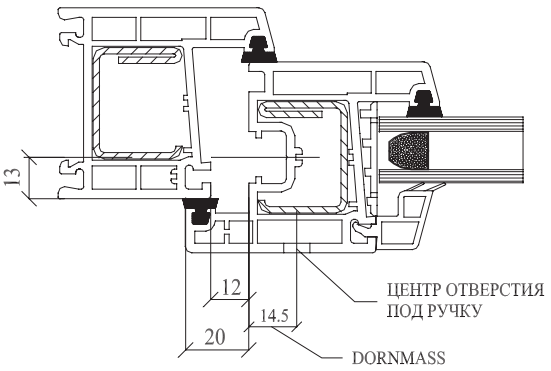


Рис. 7.1.0.2. Совокупность размеров сопряжения рамного и створочного профиля.

Первая цифра «12» обозначает расстояние в миллиметрах между фальцем рамы и фальцем створки. При этом глубина фурнитурного паза не учитывается. Этот размер обозначается термином ***«фальцлюфт»*** (Falzluft – нем.).

Вторая цифра «20» обозначает расстояние в миллиметрах между фальцем створки и торцом притвора. Этот размер носит название ***«ширина наплава»*** (Uberschlagbreite – нем.).

Последняя цифра «13» указывает расположение оси фурнитурного паза. Под ***«осью фурнитурного паза»*** (нем. Beshlagachse или Nutachse) понимается *расстояние в миллиметрах от лицевой поверхности профиля коробки до оси фурнитурного паза на створке.*

Расстояние от фальца створки, куда устанавливается основной приводной механизм (привод), до центра отверстия под ручку называется «дорнмасс» (нем. Dornmass). Профили створок различных марок имеют различную толщину (см. главу 2), и, как следствие этого, основные приводы, входящие в комплект фурнитуры, могут иметь дорнмасс 6,5; 7; 14,5; 15,5; 16 мм и т.д. На рис. 7.1.0.2. показан профиль, на который будет устанавливаться привод, имеющий дорнмасс 14,5 мм.

Таким образом, в оконных профильных системах и фурнитуре существует единый принцип унификации, определенный немецкими стандартами, позволяющий объединить их в единую отработанную технологию при изготовлении окна.

<u>При подборе фурнитуры</u> используют размеры створки по фальцу (рис.7.1.0.3), для чего вычисляют две величины:

FFB (нем. FlugeFalzBreite) – ширина створки по фальцу

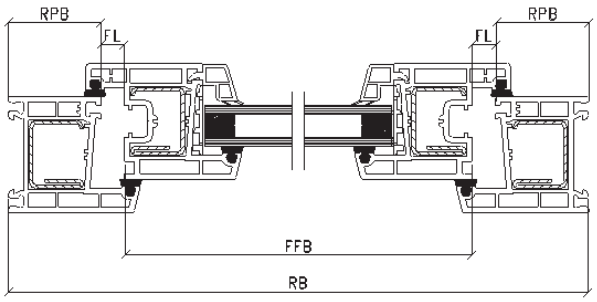
FFH (нем. FlugeFalzHone) – высота створки по фальцу При этом для самого простого одностворчатого окна эти величины могут быть определены как

FFH = RH – (2 • RPB) – (2 • FL) где

RH – габаритный размер окна по краю коробки (высота); **RPH** – высота профиля коробки; **FL** – фальцлюфт

FFB = RB – (2 • RPB) – (2 • FL), где

RB – габаритный размер окна по краю коробки (ширина); **RPB** – ширина профиля коробки; **FL** – фальцлюфт



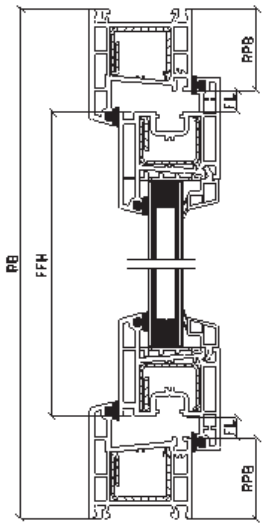


Рис.7.1.0.3. Определение ширины и высоты створки по фальцу для одностворчатого окна.

Для анализа **построения системы фурнитуры** как определенного набора изделий, образующих механизм, введем такое понятие как «комплект».

Под комплектом фурнитуры будем понимать группу деталей, устанавливаемых в определенной закономерности на оконный профиль и образующих единый механизм, предназначенный для выполнения заданных функций. Минимальным набором функций, вне зависимости от вида открывания, является: 1) открывание окна, достаточное для его обслуживания; 2) закрывание окна. Этим набором функций в любой системе фурнитуры определяется ***базовый комплект.*** В зависимости от вида открывания, базовый комплект может быть расширен за счет установки ***дополнительных деталей,*** имеющихся в любой развитой фурнитурной системе и предназначенных для выполнения таких функций, как ночное микропроветривание, блокировка ошибочного действия при повороте ручки сверх нужного угла, приводящего к высвобождению верхнего угла створки и т.п.

Приведем определение и краткое описание функций основных деталей фурнитуры, входящих в базовый комплект. В зависимости от типа открывания эти детали могут иметь свою конструктивную специфику, однако выполняемые ими основополагающие функции в целом остаются неизменными.

Из всего многообразия деталей и отдельных механизмов, образующих базовый комплект, можно выделить следующие группы:

1. основной механический привод (в некоторых источниках – главный механизм или основной запор);
2. группа механизмов, передающих движение через угол (угловые передачи);
3. ножничный кронштейн;
4. верхняя петлевая группа;
5. нижняя петлевая группа;
6. запорные планки (зацепы).

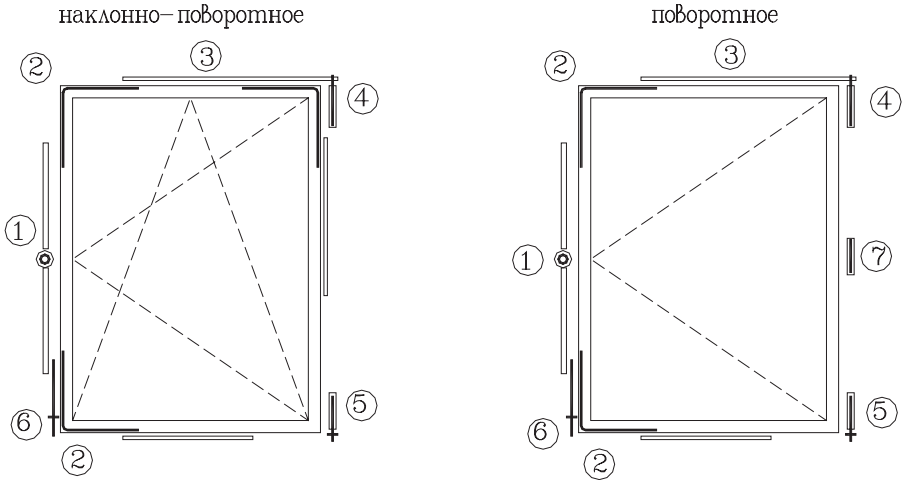


Рис. 7.1.0.4. Схема установки деталей базового комплекта на окна с различным типом открывания.

1 – основной привод; 2 – угловые передачи; 3 – ножничный кронштейн; 4 – верхняя петлевая группа, 5 – нижняя петлевая группа; 6 – поворотно-откидной запор; 7 – поворотная петля.

Основной привод, в ряде источников – « основной механизм » (рис.7.1.0.5), является элементом, на который устанавливается оконная ручка. За счет поворота ручки осуществляется передача движения на все другие детали фурнитуры. В зависимости от проектно-технологического решения ручка может устанавливаться на фиксированной высоте от низа окна или в среднем положении. В соответствии с этим основные приводы, входящие в комплект фурнитуры, могут быть подразделены на константные (основной привод с фиксированным положением ручки) и переменные (основной привод с переменным положением ручки).

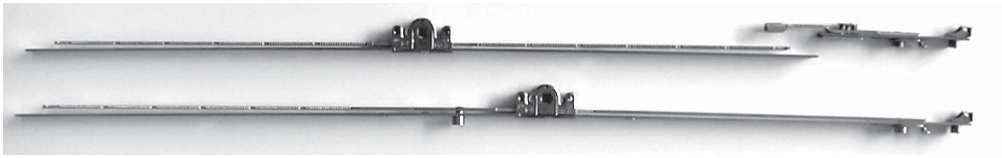


Рис. 7.1.0.5. Основной привод: вверху – с переменным положением ручки, внизу – с фиксированным положением ручки. Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3.

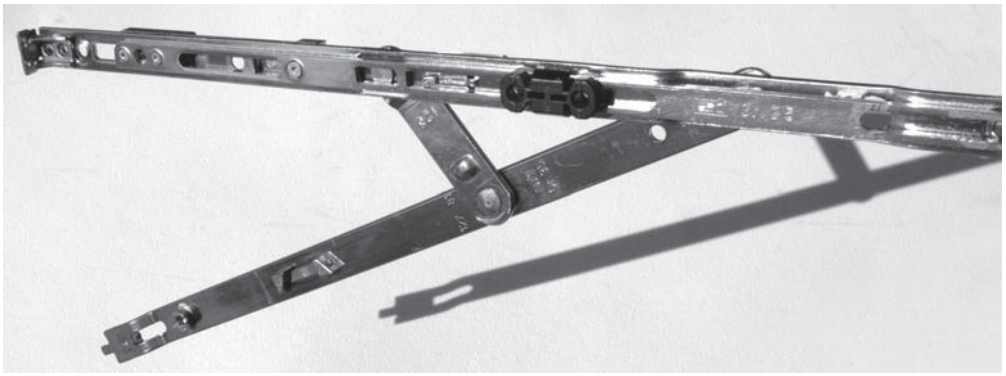
Угловая передача, – в ряде источников « угловой переключатель» (рис. 7.1.0.6), предназначена для передачи движения через угол. Основным рабочим элементом угловой передачи являются четыре тонкие пластины из пружинной стали, не соединенные между собой по плоскости, но вместе с тем работающие совместно. Набор пластин помещен в обойму, изогнутую под углом с радиусом поворота, величина которого определяется глубиной фурнитурного паза. Размеры и толщина пластин подбираются таким образом, чтобы создать равномерное нагружение, обеспечивающее долговечность работы и отсутствие износа. Гибкость пластин определяет легкость хода фурнитуры.



Рис. 7.1.0.6. Угловая передача. Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3.

Ножничный кронштейн, – в ряде источников «ножницы» (Рис. 7.1.0.7), предназначен для обеспечения закрепления створки, находящейся в открытом положении, в верхней или боковой точке на раме. Ножничный кронштейн состоит из элементов рамной части (устанавливаемых на раме) и элементов створочной части (устанавливаемых на створке). В закрытом положении окна рамные и створочные элементы вщелкиваются друг в друга при помощи специальных запорных цапф. При открытом положении окна ножничный кронштейн разъединяется, а рамные и створочные элементы соединяются между собой за счет специальной тяги.

Ножничный кронштейн необходимо устанавливать как на поворотно-откидные, так и на поворотные окна. Конструкции кронштейнов для этих видов окон показаны на рис. 7.1.0.7.



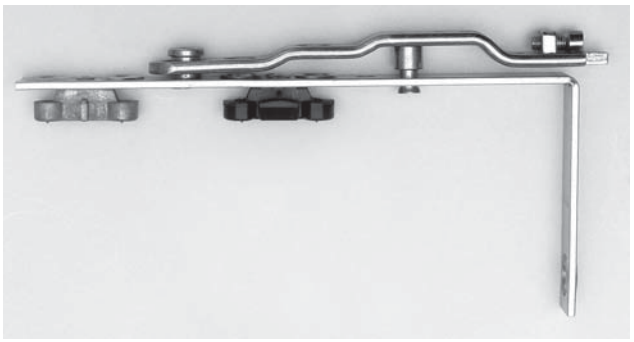


Рис. 7.1.0.7. Ножничный кронштейн.
а) для поворотно-откидных створок, б) для поворотных створок. Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3.

<u>Верхняя петлевая группа</u> предназначена для закрепления створки на раме в верхней точке. Соединяется с рамной частью ножничного кронштейна и работает совместно с ним при открытом положении окна.

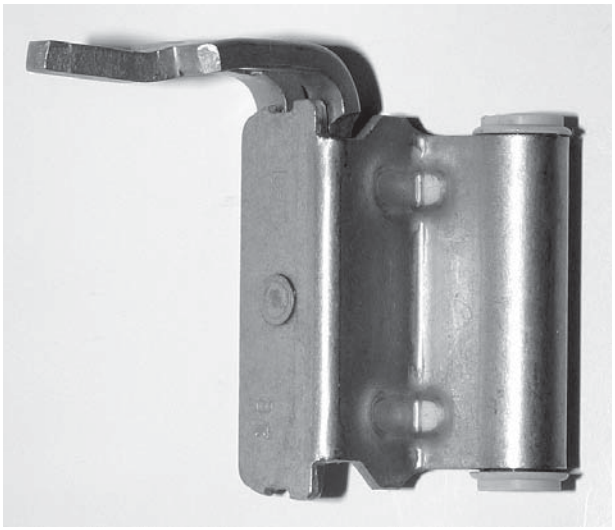




Рис. 7.1.0.8. Верхняя петля для окна из ПВХ. Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3.



Рис.7.1.0.9. Нижняя (фальцевая) петля для окна из ПВХ. Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3.

Нижняя петлевая группа – петля сложной конструкции, предназначенная для закрепления створки на раме в нижней точке. Выполняет функции нижней опоры для окна, открытого как в режиме поворота, так и наклона.



Рис.7.1.0.10. Откидной запор (поворотно-откидное устройство). Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3.

Откидная запорная пластина устанавливается в нижнем углу окна, противоположном от нижней петли. Выполняет функции нижней опоры для окна, открытого в режиме наклона. Устанавливается на раме и работает совместно с **откидным запором,** устанавливаемым на створке.

7.2. НАКЛОННО-ПОВОРОТНАЯ ФУРНИТУРА ДЛЯ ОКОН ИЗ ПВХ.

Рассмотрим принцип комплектации окна наиболее распространенной в настоящее время поворотно-откидной фурнитурой. На рис. 7.2.0.1 показан комплект поворотно-откидной фурнитуры для окна из ПВХ системы Siegenia FAVORIT Si-line KF3. Форма окна – прямоугольная.

Все элементы, входящие в комплект, соединяются по периметру окна в единый механизм, образующий замкнутую силовую конструкцию, равномерно распределяющую постоянные (ветер, собственный вес створки) и кратковременные (ураганные порывы ветра, усилия, прикладываемые при открывании-закрывании) нагрузки, возникающие при работе фурнитуры. За счет замкнутого контура механизма осуществляется равномерный прижим створки к раме по всему периметру окна. Запирание осуществляется в отдельных точках, расположенных с определенным шагом, и называемых точками запирания. Максимальное расстояние между точками запирания зависит от типа профиля, и большинством производителей систем фурнитуры принимается равным 800 мм для окон из ПВХ и 1000 мм для окон из дерева.

Рассмотрим схему функционирования наклонно-поворотного механизма, представленную на рис. 7.2.0.2

Прежде всего отметим, что в ***принципе работы современной фурнитуры заложена схема передачи движения от ручки к точкам запирания по периметру окна посредством тяг, оснащенных запорными цапфами.***

Для открывания окна необходимо управлять тремя группами механизмов: 1) ножничным кронштейном, 2) откидным запором и 3) запорными цапфами. Управление осуществляется от главного привода через угловые передачи за счет плоских тяг. Подвижные тяги располагаются внутри фурнитурного паза под верхней планкой, неподвижно закрепляемой на профиле.

Этот принцип сохраняется одинаковым для всех производителей, хотя при этом каждая система имеет и свои отличительные особенности. В дальнейшем изложении приводятся ссылки на номера позиций комплекта, показанного выше (рис. 7.2.0.1).

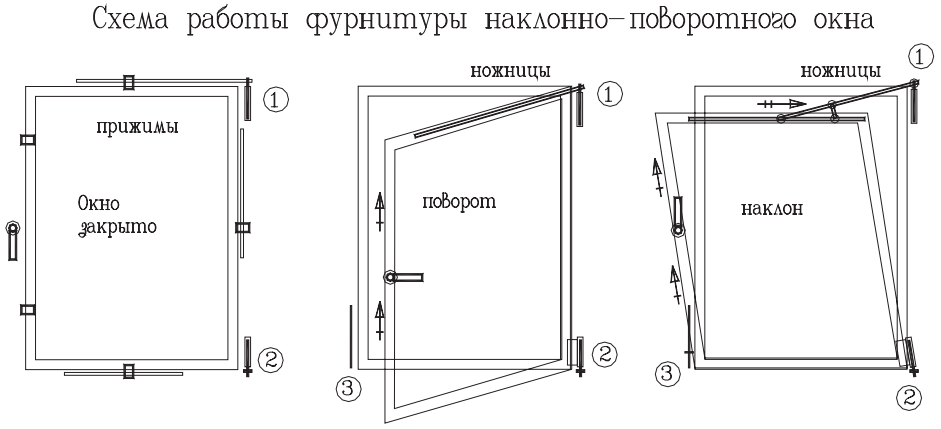


Рис. 7.2.0.2. Схема работы наклонно-поворотного механизма.

1- ножничный кронштейн; 2 – нижняя петлевая группа; 3 – поворотно-откидная запорная пластина.

SIEGENIA AUBI
SOLUTIONS INSIDE

Favorit Si-Line KF 3 Поворотно-откидная фурнитура для прямоугольных ПВХ окон с 12 мм межфальцевым зазором
Положение ручки - варьируемое по высоте

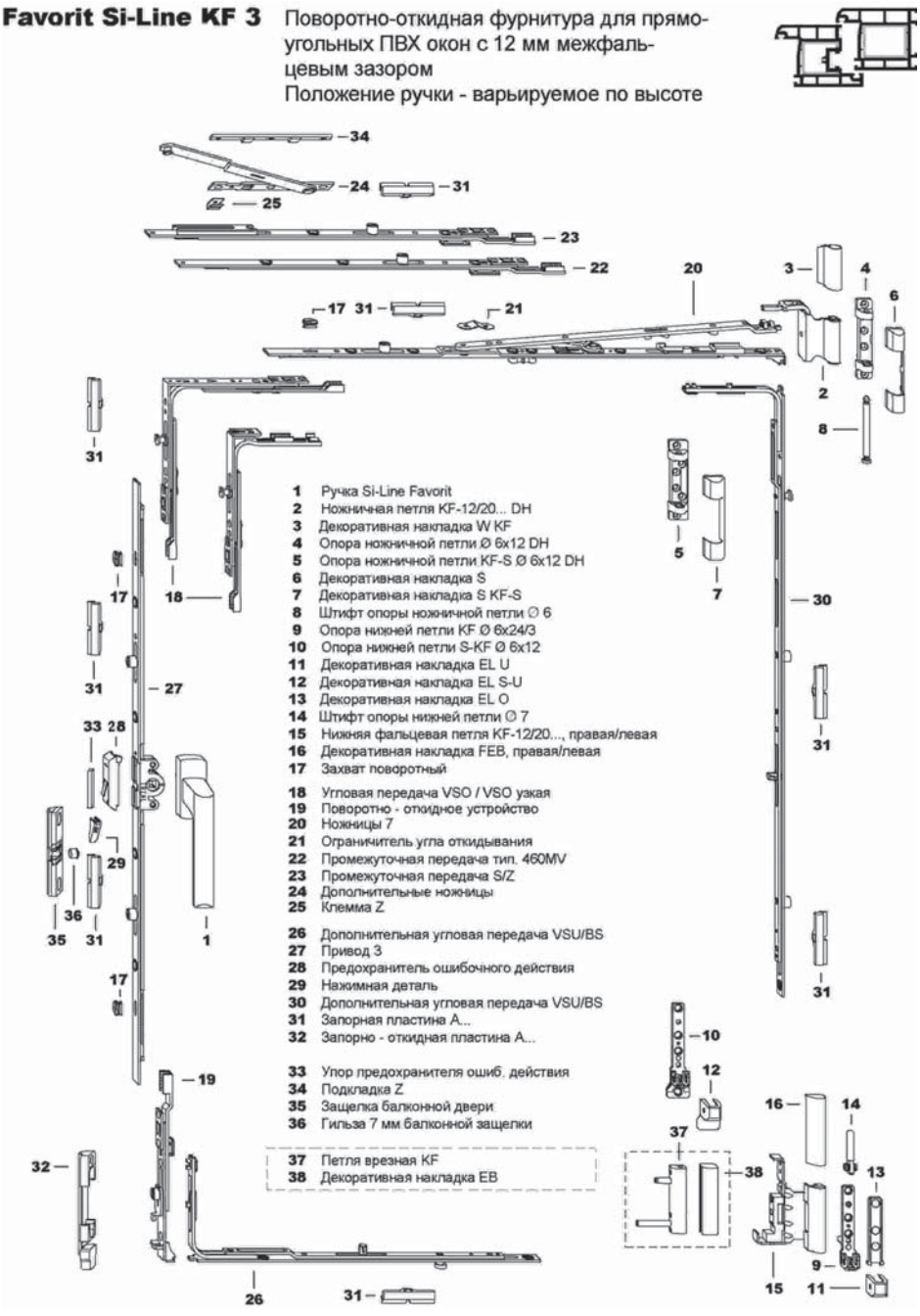


Рис. 7.2.0.1. Комплект поворотно-откидной фурнитуры для окон из ПВХ. Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3. Варьируемое по высоте положение ручки.

Исходным будем считать положение окна, открытого в режиме поворота. При этом ручка находится в горизонтальном положении. Для того, чтобы закрыть окно, необходимо притворить створку и перевести ручку (поз.1), установленную на основном приводе (поз.27), из горизонтального положения в нижнее вертикальное. При этом движение передается через систему плоских тяг на ***запорные цапфы,*** что приводит к их смещению. Смещаясь вместе с тягами, запорные цапфы входят в зацепление с ***запорными пластинами*** (зацепами) (поз.31), устанавливаемыми на раме в проектируемых точках прижима, и прижимают створку к раме, обеспечивая требуемое сжатие оконного уплотнителя. Движение от ручки на запорные цапфы передается по контуру окна через прямой угол за счет верхнего (поз.18, 30) и нижнего (поз. 26), ***угловых переключателей.*** Основной привод и угловые переключатели, равно как и все другие элементы контурного механизма, соединены между собой посредством ленточных передач, выполняемых в виде зубчатой гребенки на конце каждого элемента. Места соединения элементов фурнитуры между собой в дальнейшем будем называть конструктивными ***узлами сопряжения.***

Для перевода окна в наклон необходимо перевести ручку в верхнее вертикальное положение. В этом случае в движение приводятся не только запорные цапфы, но и другие элементы фурнитуры. Движение от ручки через основной привод и верхний угловой переключатель передается на ***ножничный кронштейн*** (поз.20). Ножничный кронштейн разъединяется, что приводит к освобождению створки в районе верхней петли, как показано на рис.7.2.0.3, несущая часть которой имеет сложную конструкцию и образуется несколькими элементами (поз.4+8+2),. Створка, таким образом, в верхней плоскости остается соединенной с коробкой только посредством ограничительной верхней части ножничного кронштейна. Одновременно с передачей движения вверх, нижняя запорная цапфа, устанавливаемая на откидном запоре (поз.19), входит в зацепление с ***пазом в откидной запорной пластине*** (поз.32), устанавливаемой на раме внизу. Таким образом создается ***узел наклона,*** обеспечивающий первую точку опоры для створки в откинутом положении. Вторая точка опоры создается в нижней петле (поз.9+14+13+15), сконструированной из нескольких элементов таким образом, чтобы обеспечить функцию не только поворота, но и наклона.

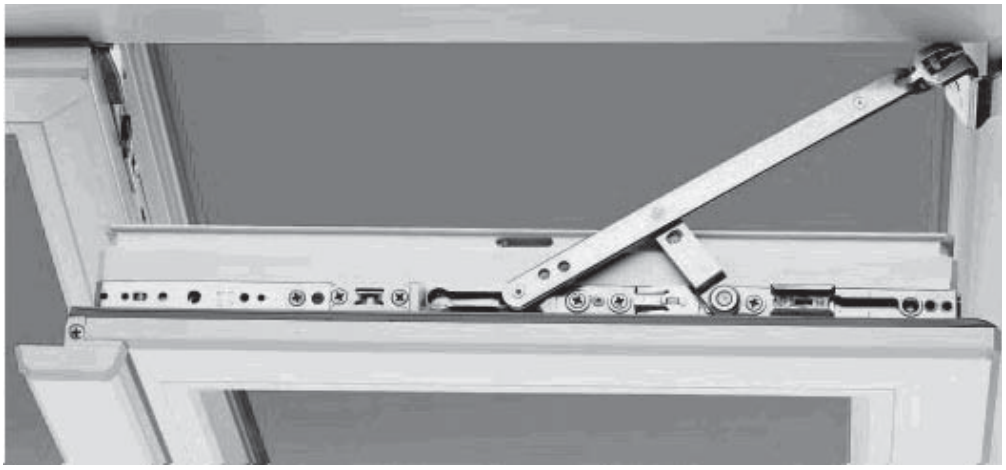


Рис. 7.2.0.3. Ножничный кронштейн разъединяется, что приводит к освобождению створки в районе верхней петли

В результате створка в откинутом положении (под углом 10 … 25° – в зависимости от размера створки) оказывается закрепленной в трех точках: внизу – на нижней петле и откидной запорной пластине и сверху – за счет фиксации на верхней части ножничного кронштейна.

Для обеспечения необходимого расстояния между точками запирания, при большой высоте и ширине створки применяют ***вертикальные и горизонтальные удлинители*** *(промежуточные передачи)* (поз.22, 23) различных размеров. Запорные цапфы, установленные на удлинителях, обеспечивают необходимые *дополнительные точки запирания.*

Для приподнимания створки при закрывании окна, на механизм ручки устанавливается ***захват (микролифт),*** выполняемый в виде вилкообразной пластины и создающий дополнительное подъемное усилие при закрывании створки.

Конструктивные решения, реализованные в модуле (рис.7.2.0.1), являются принципиально одинаковыми для всех производителей фурнитуры, однако в некоторых системах можно увидеть отдельные узлы, работа которых значительно улучшает надежность комплекта в целом. Такие отличия можно увидеть на примере комплекта поворотно-откидной фурнитуры для окна из ПВХ системы AUBI 300, который показан на рис. 7.2.0.4.

Характерным отличием системы AUBI 300, прекрасно зарекомендовавшей себя в Европе и России с точки зрения надежности, являются прижимные ролики качения, устанавливаемые на элементах периметрального механизма вместо запорных цапф. Ролики, свободно вращающиеся вокруг своей оси, легко входят в крепежные прорези запорных пластин, что фактически устраняет трение и обеспечивает отсутствие износа. Весь механизм при этом имеет более мягкий и легкий ход при закрывании и открывании по сравнению с механизмами, имеющими жесткие запорные цапфы.

В системе AUBI 300 микролифт расположен в крайней нижней точке на стороне ручки (поз.10 рис. 7.2.0.4), и называется ***устройством подъема створки.*** Устройство подъема створки позволяет создать дополнительную опору для окна в откинутом положении и снимает, таким образом, часть нагрузки с ножничного кронштейна.

Кроме того для окон из ПВХ такое решение фурнитуры принципиально важно с точки зрения высокого коэффициента температурного расширения и малого модуля упругости. Как уже отмечалось в главе 2, створка из ПВХ не имеет идеальной жесткости, и в процессе эксплуатации имеет тенденцию к депланации и отвисанию. На сегодняшний день в России хорошо известны проблемы с закрыванием ПВХ-окон в летнее время, особенно ориентированных на южную сторону.

Устройство подъема створки в этом случае срабатывает в качестве подъемного рычага, усилие от которого прикладывается как раз в наиболее отвисающей точке.

На рис. 7.2.0.5 показана конструкция прижимных запорных роликов и устройства подъема створки системы AUBI 300.

Функциональные возможности наклонно-поворотной фурнитуры могут быть расширены за счет добавления в комплект дополнительных элементов (деталей). На рис. 7.2.0.6 показан комплект фурнитуры для окна из ПВХ системы Siegenia FAVORIT Si-line с введенным в него устройством для сезонного проветривания ES-040.

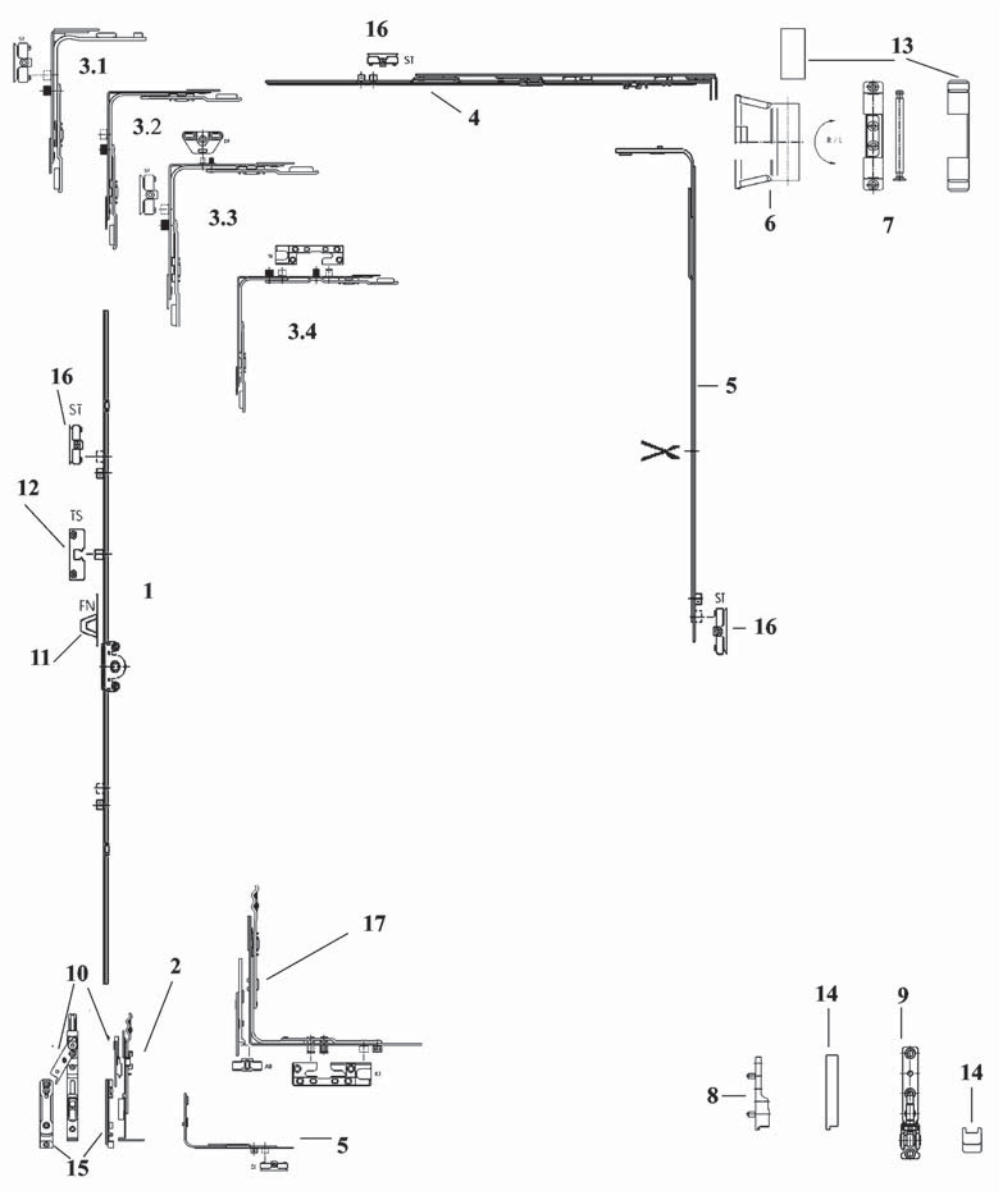


Рис. 7.2.0.4. Комплект поворотно-откидной фурнитуры для окон из ПВХ. Система А 300.

1 – основной привод; (2) – поворотно – откидной запор; 15 – поворотно-откидная запорная пластина; 10 – поворотно-откидной запор с устройством подъема створки3 – верхние угловые передачи; 4 –ножничный кронштейн, 5, 17 – нижняя угловая передача; 5’ – верхняя угловая передача с удлинителем; (6+7) – верхняя петлевая группа; (8+9) – нижняя петлевая группа; 12,16 – зацепы, 11 – блокиратор поворота ручки; 13, 14 – декоративные накладки на петли.

а) б)

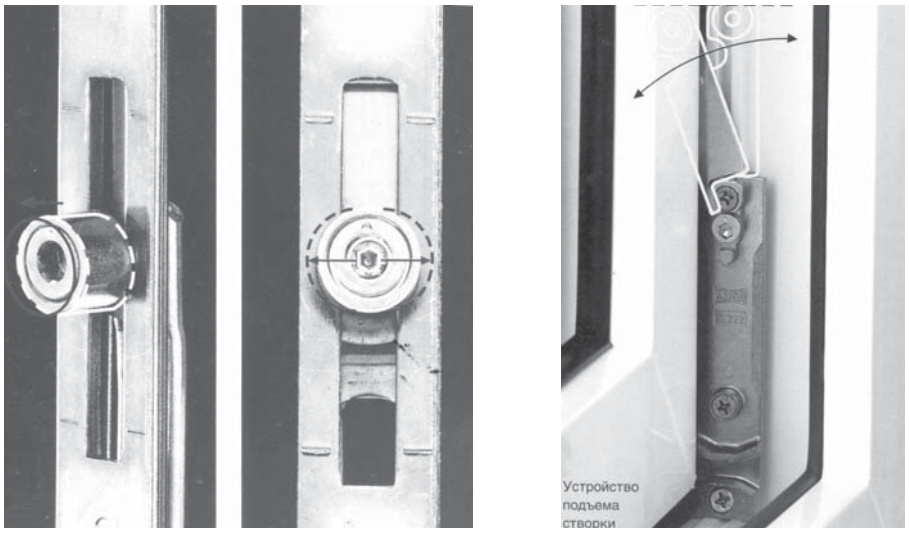


Рис. 7.2.0.5. а) прижимные запорные ролики; б) устройство подъема створки. Система AUBI 300.

Устройство позволяет пользователю самостоятельно изменять фиксированный угол наклона створки в зависимости от сезона и требований к воздухообмену. Устанавливается в верхнем углу окна со стороны, противоположной петлевой группе, (рис. 7.2.0.6 а), и имеет два положения: активированное и неактивированное (рис. 7.2.0.6 б). При активированном ES-040 створка в верхней точке откидывается на фиксированное расстояние – 40 мм. В деактивированном режиме ES-040 створка откидывается на стандартный фиксированный угол (на расстояние порядка 150-170 мм в верхней точке). Перевод из активированного в деактивированное положение и наоборот осуществляется простым приемом (поворотом нижнего элемента устройства) без специального инструмента.

Активированный режим ES-040 особенно актуален в холодный период года. Более маленький (по сравнению со стандартным) фиксированный угол наклона створки обеспечивает интенсивное проветривание зимой без размораживания помещения. При этом гарантируется необходимый воздухообмен и одновременно экономится отопительная энергия.

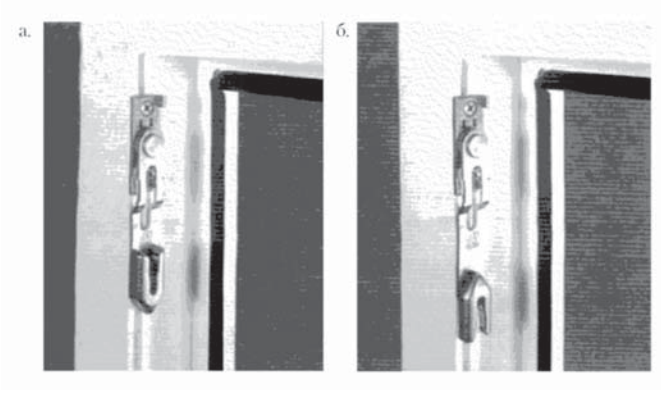


Рис. 7.2.0.6б. Устройство для сезонного проветривания ES-040.
а) активированное положение;
б) неактивированное положение.
Устройство ES-040 переводится из активированного в деактивированный режим без применения специального инструмента, простым приемом – поворотом нижнего элемента устройства.

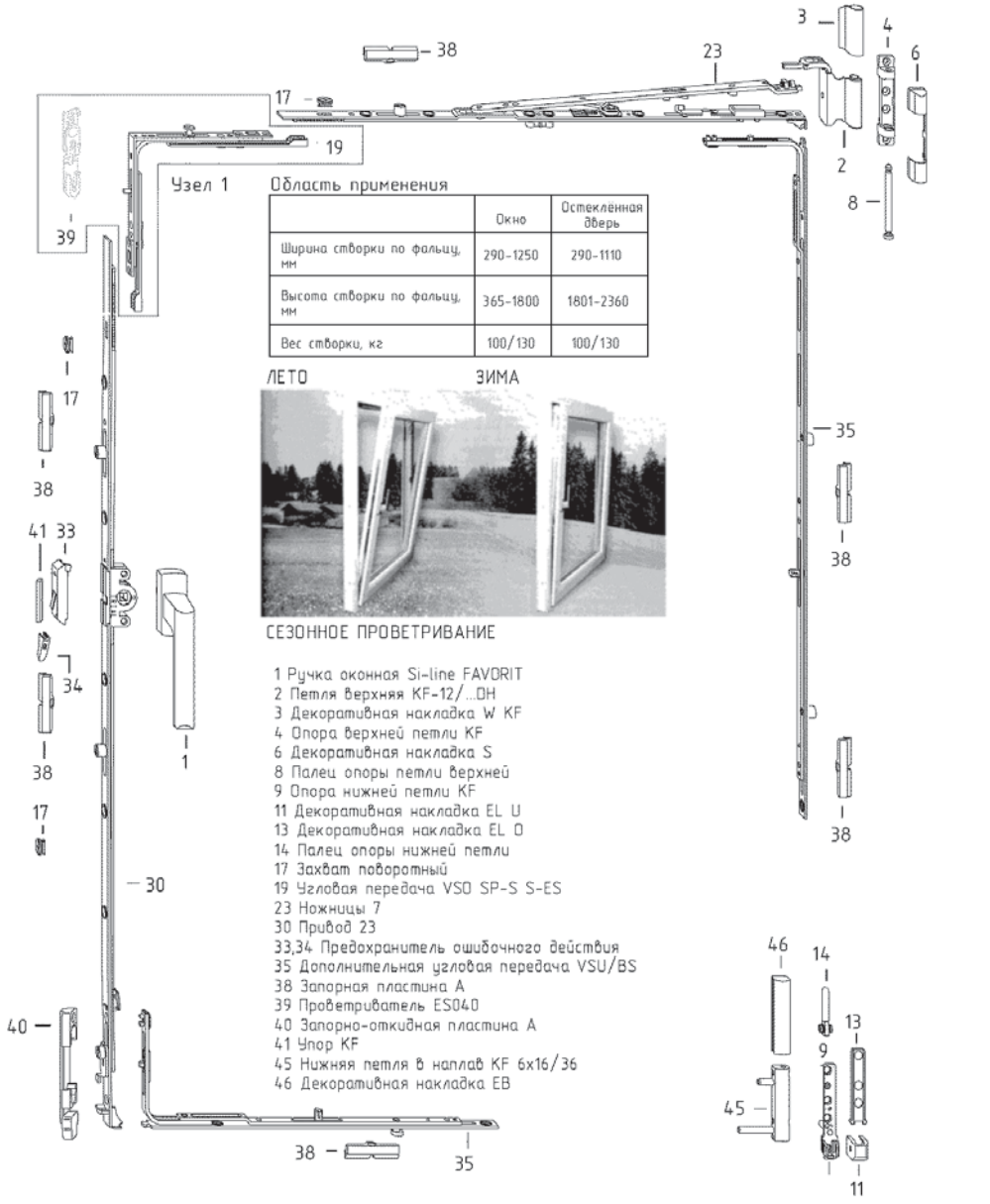


Рис. 7.2.0.6а. Устройство для сезонного проветривания ES-040.
Система FAVORIT SI-LINE. Позиционирование в комплекте.

7.3. ПРОТИВОВЗЛОМНАЯ ФУРНИТУРА

Как уже отмечалось, окна индивидуальных домов и первых этажей многоэтажных зданий являются слабым местом с точки зрения квартирных краж. По данным как российских, так и зарубежных правоохранительных органов, окна из ПВХ являются в этом отношении наиболее уязвимыми. Практически любой относительно опытный взломщик может открыть окно из ПВХ в течение 10-ти минут.

В настоящее время в Европе достаточно очевидно прослеживается тенденция на замену стандартных систем фурнитуры для окон из ПВХ на системы нового поколения – противовзломную фурнитуру. Принципиальным отличием противовзломной фурнитуры является наличие одной или нескольких точек запирания, в которых на раме устанавливается специальный мощный зацеп, в который входит запорная цапфа со шляпкой в виде грибка, как показано на рис.7.3.0.1.

а) б)

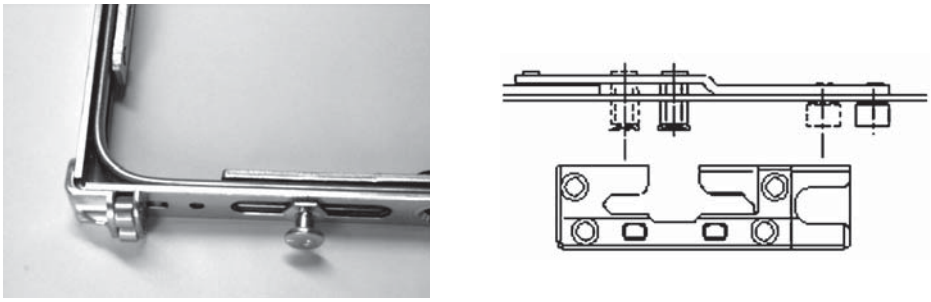


Рис. 7.3.0.1. Зацеп и запорный грибок противовзломной фурнитуры.
а) Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3 Базовая безопасность. б) Система AUBI Safety PLUS.

В системе AUBI Safety PLUS реализована отдельная работа прижимного ролика и запорного противовзломного штифта в так называемой двойной системе запирания (рис. 7.3.0.1б). Прижимный ролик и противовзломный штифт со шляпкой располагаются на небольшом расстоянии друг от друга. При положении створки «закрыто» ролик перемещается в зацеп, обеспечивая таким образом прижим уплотнения. Окно становится непроницаемым для сквозняка и дождя. Штифт со шляпкой расположен таким образом, что он перемещается во вторую очередь и входит без трения в зацеп. Таким образом обеспечивается легкое управление и одновременно снижается износ деталей. Оба запорных элемента расположены на незначительном расстоянии друг от друга, поэтому для них достаточно одного общего зацепа, что облегчает монтаж фурнитуры на окне.

Принципиально другое конструктивное решение реализовано в системе «Siegenia FAVORIT Si-line KF3 – Базовая безопасность», комплект фурнитуры которой показан на рис.7.3.0.2. Противовзломный штифт установлен на угловой передаче (поз.19), в которой одновременно совмещаются несколько функций:

– передача движения через угол;

– защита от взлома;

– дополнительная опора при открывании окна в режиме наклона.

В откинутом положении окна, таким образом, запорный штифт на поворотно-откидной ответной планки системы «Siegenia FAVORIT Si-line KF3 – Базовая безопасность», выполняет роль дополнительной опоры.

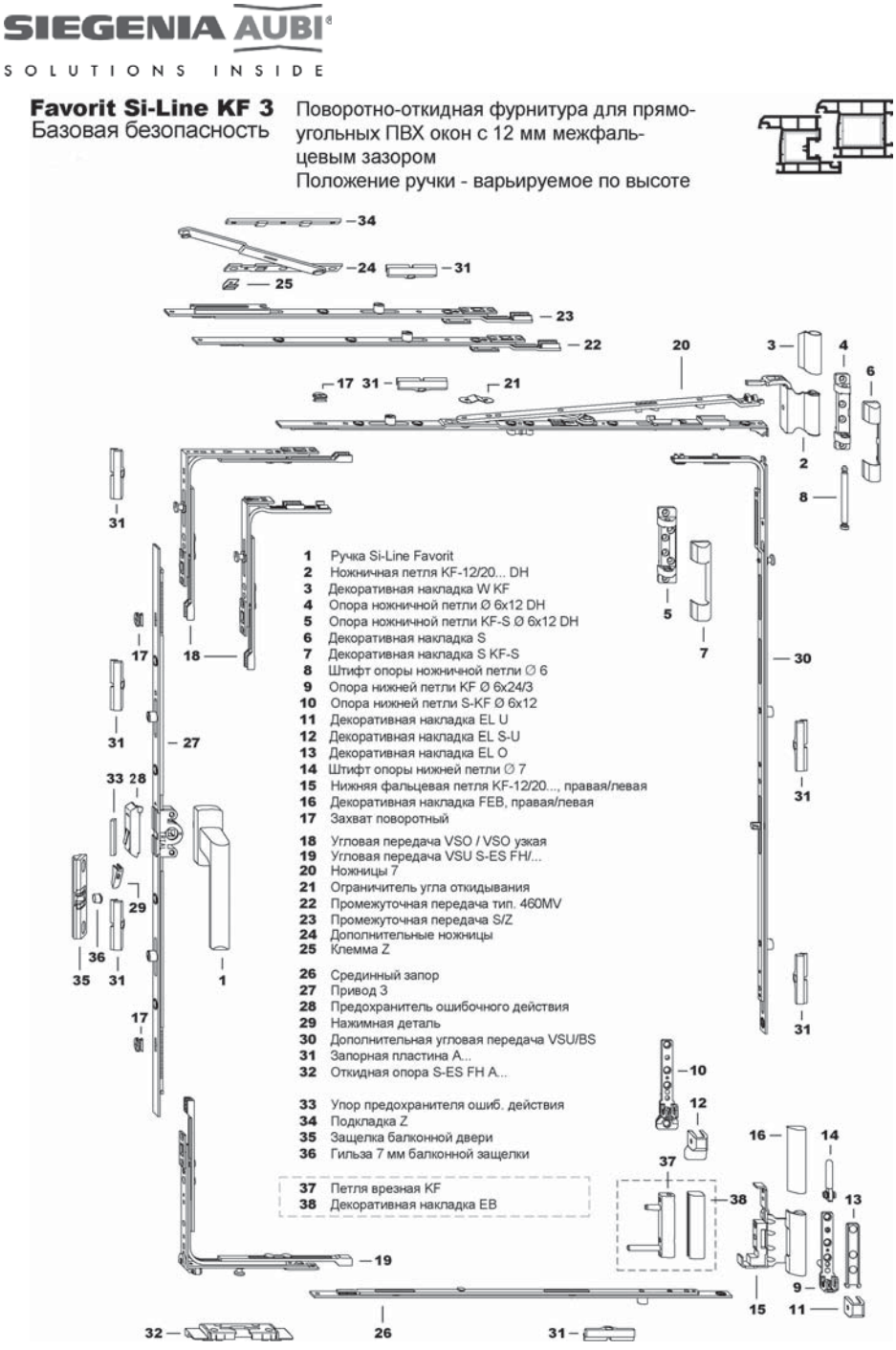


Рис. 7.3.0.2. Комплект противовзломной поворотно-откидной фурнитуры для окон из ПВХ.

Система «Siegenia FAVORIT Si-line KF3- базовая безопасность». Варьируемое по высоте положение ручки. 19 – угловая передача с противовзломной цапфой; 32 – противовзломный зацеп.

Совмещение нескольких функций в одном элементе упрощает монтаж фурнитуры, при этом уменьшается количество элементов, минимально необходимое в комплекте.

Количество противовзломных зацепов определяет принадлежность фурнитурного модуля к определенному ***классу безопасности.*** Чем выше класс безопасности, тем больше противовзломных зацепов устанавливается в комплект (от 1 до 4 шт).

Независимо от реализуемых конструктивных решений, противовзломная фурнитура должна соответствовать требованиям общеевропейских норм, краткое разъяснение которых имеет смысл привести ниже, поскольку в рекламной литературе и сопроводительной документации на окна могут иметься ссылки на: 1) директиву AhS; 2) стандарт RAL RG 607/13; 3) стандарт DIN V ENV 1627-1630.

При определении ***класса защиты по директиве AhS*** учитывается воздействие инструментов, которыми пользуются непрофессиональные взломщики, т.е. различных отверток. Во время испытаний вместо отвертки используется специальный ключ, который воздействует на окно в области углов. Для этого вокруг каждого угла в области фальца пробиваются по 2 отверстия, в которые помещается ключ. Область фальца трижды подвергается воздействию ключа с заданным вращающим моментом. При этом запирающие устройства не должны выходить из строя. Затем на центральную часть створки в течение одной минуты воздействует сила, равная 700 Н. В результате этого воздействия не должно возникать отверстия, которое позволило бы проникнуть в помещение.

Согласно директиве AhS различаются два класса защиты:

1 класс защиты – AhS STANDARD выдерживает воздействие стандартной отвертки с шириной рабочего конца 8 мм (испытательный ключ устанавливается на 200 нм)

2 класс защиты – AhS EXTRA выдерживает воздействие при помощи стандартной отвертки с шириной рабочего конца 14 мм (испытательный ключ устанавливается на 300 нм).

Сила, воздействующая на каждую отдельную точку запирания, может достигать 10 кн (1 тонна). Требования, изложенные в директиве, распространяются главным образом на фурнитуру. Противовзломные стеклопакеты и защитные накладки на замок рекомендуются, но не являются обязательными. Ручка с блокирующим устройством или замком является, наоборот, обязательным условием.

Если фурнитура успешно выдерживает первичные испытания, проводимые Объединением контроля качества замков и фурнитуры Германии, и соответствует всем действующим стандартам, производитель фурнитуры имеет право подать заявление на присвоение своей продукции ***знака качества RAL.*** Окно, оснащенное подобной фурнитурой, с ручкой с блокирующим устройством и зацепами, которые крепятся в усилители профилей из ПВХ, может обозначаться как ***«окно, соответствующее классу защиты AhS Standard или Extra по RAL-RG 607/13».*** Данное наименование может быть подтверждено сертификатом, выданным одним из аккредитованных институтов.

В мае 1999 г. был опубликован проект общеевропейского стандарта ***ENV 1627 – 1630.*** В Германии этот стандарт был принят под названием ***DIN V ENV 1627 – 1630.*** При этом новые стандарты не отменяют директиву AhS. Стандарт ***DIN V ENV 1627*** содержит общие требования к противовзломным окнам и классификацию окон по степени защиты. В стандарте 1628 определяются статические нагрузки, в стандарте 1629 – подвижные нагрузки. В стандарте 1630 описывается испытание на взлом с применением ручных инструментов. Требования, изложенные в данных стандартах, распространяются на окна, двери, ворота и другие фасадные элементы, например, рольставни и откидные ставни. Требования стандарта ***DIN V ENV 1627 – 1630*** отражены в табл. 7. 3.0.1

Табл. 7. 3.0.1

Требования к фурнитуре различных классов безопасности (стандарт DIN V ENV 1627 – 1630)

Класс противо-взломности	Характеристика попытки взлома	Время взлома, мин	Вероятность взлома	Повреждения
WK1	С применением физической силы без каких-либо специальных приспособлений – выдавливание плечом, удар	–	невысокая	Незначительные
WK2	С применением простых инструментов – отвертки, клещей, клиньев	3	средняя	Средние
WK3	С применением шуруповерта и «фомки»	5	высокая	Средние
WK4	С применением пилящего или ударного инструмента – молотка, зубила, топора	10	невысокая	от средних до высоких
WK5	С применением электроинструментов – электропилы, электродрели, «болгарки»	15	средняя	Высокие
WK6	Высокомощный электроинструмент	20	высокая	Высокие

В противовзломной фурнитуре существуют специфические требования к режиму проветривания. Так, в системе Siegenia-AUBI SAFETY PLUS разработано решение параллельного выставления створки, как показано на рис.7.3.0.3. Вместо принятого в наклонно-поворотных окнах щелевого проветривания в режиме наклона, эта фурнитура выставляет всю створку параллельно раме при зазоре в 6 мм. В зависимости от системы уплотнения возникает зазор 3-4 мм, не страшный для окна при дожде. Этого зазора достаточно для микровентиляции помещения, а окно кажется закрытым – создается зрительный психологический обман. При этом отставленное окно сохраняет все функции противовзломной защиты.



Рис 7.3.0.3. Фурнитура параллельного выставления створки. Система Siegenia-AUBI SAFETY PLUS.

Таким образом, выше были рассмотрены основные конструктивные решения, заложенные в принципе работы наклонно-поворотной фурнитуры для окон из ПВХ. Как уже отмечалось, все эти решения (включая противовзломную фурнитуру), могут быть реализованы также и для окон, имеющих непрямоугольную форму – трапецевидных, арочных, и полуарочных. Для трапецевидных окон при этом определяющей является конструкция верхнего углового переключателя, имеющего определенный угол (отличный от 90 0), а для арочных окон – ножницы, устанавливаемые в вертикальном положении. Более подробная графическая информация по конструкции таких окон приведена в прил.9.

7.4. НАКЛОННО-ПОВОРОТНАЯ ФУРНИТУРА ДЛЯ ОКОН ИЗ ДЕРЕВА.

Конструктивные решения комплексного периметрального механизма наклонно-поворотной фурнитуры для окон из дерева в общих чертах не отличаются от своих аналогов для ПВХ-окон. Принципиальное различие заключается в конструкции зацепов (ответных планок) и петлевой группы, работа которой будет рассмотрена ниже в разделе 7.10. Комплект поворотно-откидной фурнитуры для окна из дерева системы Siegenia FAVORIT Si-line KF3 показан на рис.7.4.0.1.

Из рисунка нетрудно заметить упомянутые конструктивные отличия зацепов и петлевой группы.

Запорные пластины (зацепы), в отличие от фурнитуры для ПВХ, в фурнитуре для дерева крепятся двумя шурупами и имеют другую форму. Зацеп для окон из ПВХ имеет крепежное ребро, за счет которого он вщелкивается в профиль, и затем дополнительно закрепляется одним центральным шурупом. При этом для каждого ПВХ-профиля, относящегося к определенной системе по фурнитуре (см. раздел 7.1), разработаны свои зацепы, прочно удерживающиеся в профиле за счет трения при нагрузках закрывания-открывания окна, передающихся на ответные планки через запорные язычки или ролики.

Зацеп для дерева удерживается двумя крепежными саморезами, которые, наряду с плоским основанием зацепа, обеспечивающим трение, воспринимают усилия закрывания-открывания.

Специфика решения петлевой группы заключается в необходимости возможной ликвидации усилий местного смятия и скалывания древесины. В фурнитурном комплекте (см. рис. 7.4.0.1) хорошо видно наличие ***дистанционной вставки*** из пластика (поз.10), устанавливаемой под наиболее нагруженную нижнюю петлю и предохраняющей древесину от смятия в области фурнитурного паза.

Аналогично ПВХ, фурнитура для дерева может быть установлена на трапецевидные, арочные и полуарочные окна; при этом она также может быть выполнена в противовзломном варианте.

SIEGENIA AUBI
SOLUTIONS INSIDE

Favorit Si-Line 312 Поворотно-откидная фурнитура для прямоугольных деревянных окон с 12 мм межфальцевым зазором
Положение ручки - варьируемое по высоте

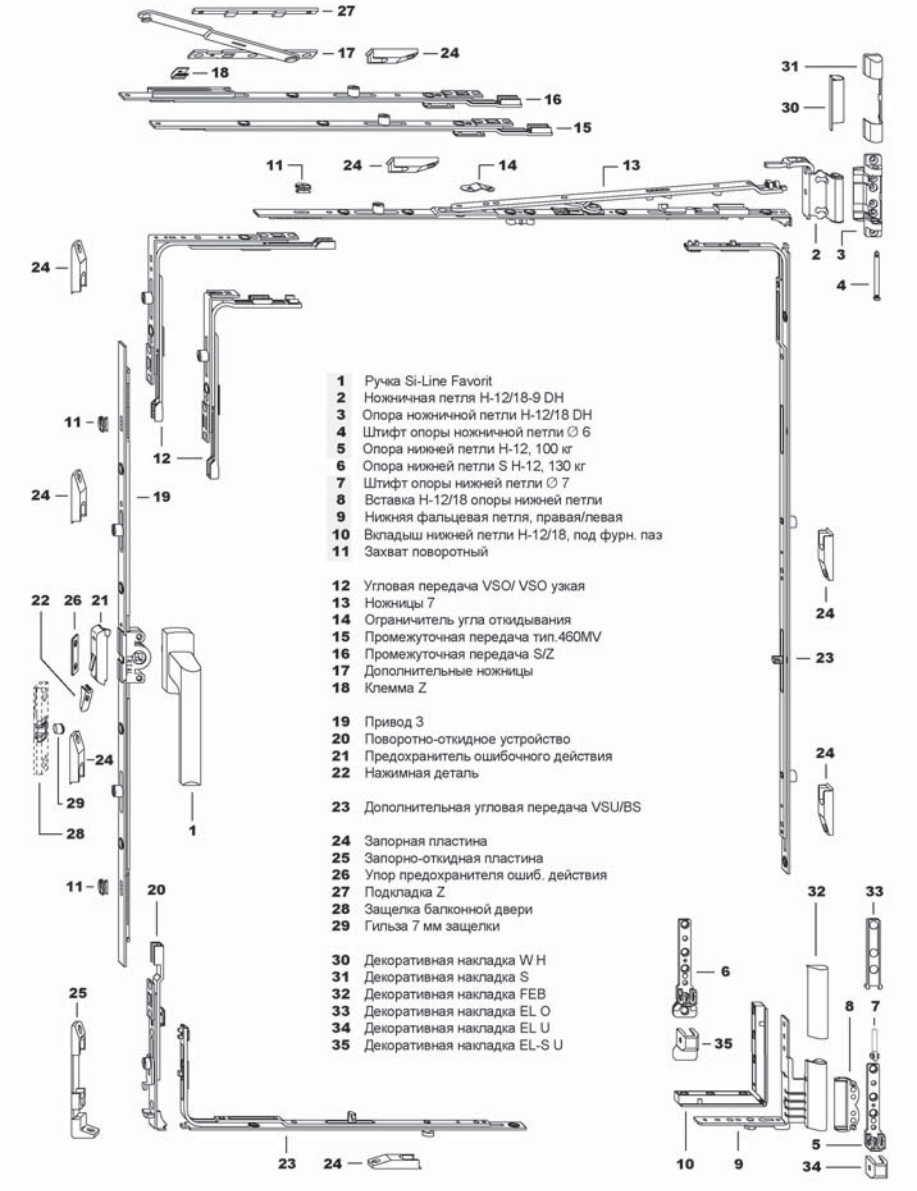


Рис. 7.4.0.1. Комплект поворотно-откидной фурнитуры для окон из дерева. Система «Siegenia FAVORIT Si-line KF3». Варьируемое по высоте положение ручки.

SIEGENIA AUBI
SOLUTIONS INSIDE

LM 4200 D Зажимная поворотная фурнитура для прямоугольных алюминиевых окон с 21 мм межфальцевым зазором

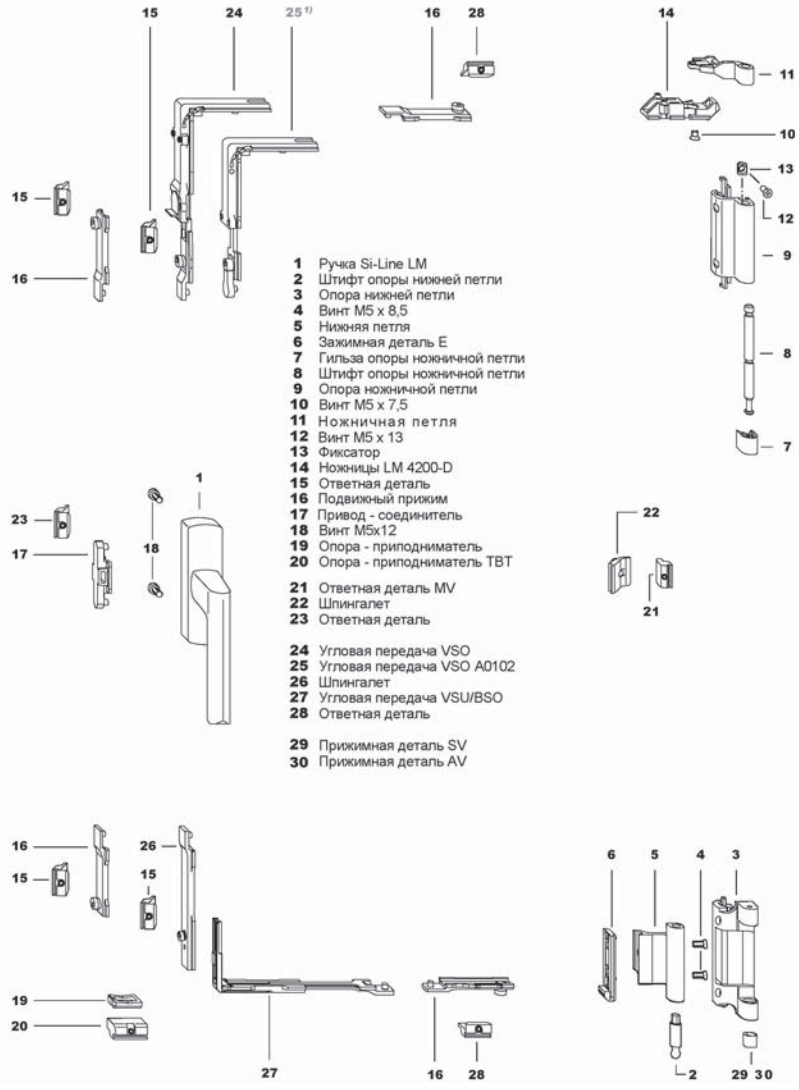


Рис. 7.5.0.1. Комплект поворотно-откидной фурнитуры для окон из Алюминия. Система «LM 4200 D Si».

7.5. НАКЛОННО-ПОВОРОТНАЯ ФУРНИТУРА ДЛЯ ОКОН ИЗ АЛЮМИНИЯ.

Фурнитура для алюминиевых окон имеет ряд принципиальных отличий от фурнитуры для дерева и ПВХ. Характерной особенностью является специфическая комплектация, в которой отсутствуют тяги, соединяющие между собой отдельные узлы. Для алюминиевой фурнитуры поэтому вместо термина ***«комплект»,*** как правило, употребляется термин ***«набор».***

Исторически сложилось так, что промежуточные приводные тяги поставляются непосредственно производителем алюминиевого профиля, при этом производителями фурнитуры на своих элементах предусматривается простой круглый штифт для их крепления (в отличие от реечных передач в дереве и пластике). Таким образом достигается определенная унификация фурнитуры по отношению к различным производителям алюминиевых профилей.

По типу фурнитурного паза алюминиевые профили подразделяются на профили с прямым пазом и профили с С-образным пазом. Конструкция паза алюминиевого профиля позволяет закреплять детали фурнитуры при помощи специальных клемм, не применяя шурупы. Соответственно для алюминиевых окон существует так называемая «клеммная» или «зажимная» фурнитура. Комплект поворотно-откидной фурнитуры для окон из алюминия показан на рис.7.5.0.1.

7.6. ПОВОРОТНАЯ ФУРНИТУРА

В современных оконных технологиях ***поворотную фурнитуру принято рассматривать как упрощенный вариант наклонно-поворотного модуля.*** Фурнитура для поворотных створок принципиально отличается от наклонно-поворотной только отсутствием функции наклона. При этом вместо поворотно-откидных ножниц устанавливаются поворотные ножницы (см. рис. 7.1.0.7.б раздел 7.1). Вариант **комплекта** фурнитуры поворотного окна показан на рис. 7.6.0.1.

Из рисунка 7.6.0.1. нетрудно заметить, что ***для поворотного окна, также как и для поворотно-откидного, сохраняется принцип контурного механизма с прижимом к раме в точках с заданным шагом.*** Характерным отличием поворотной створки является возможность установки одной или двух средних петель (поз.3+4, поз.17). В системе Siegenia FAVORIT разработаны скрытые средние прижимы для поворотных створок, которые могут быть установлены вместо средних петель.

SIEGENIA AUBI
SOLUTIONS INSIDE

Favorit Si-Line 312 DF Поворотная фурнитура для прямоугольных деревянных окон с 12 мм межфальцевым зазором
Положение ручки - варьируемое по высоте

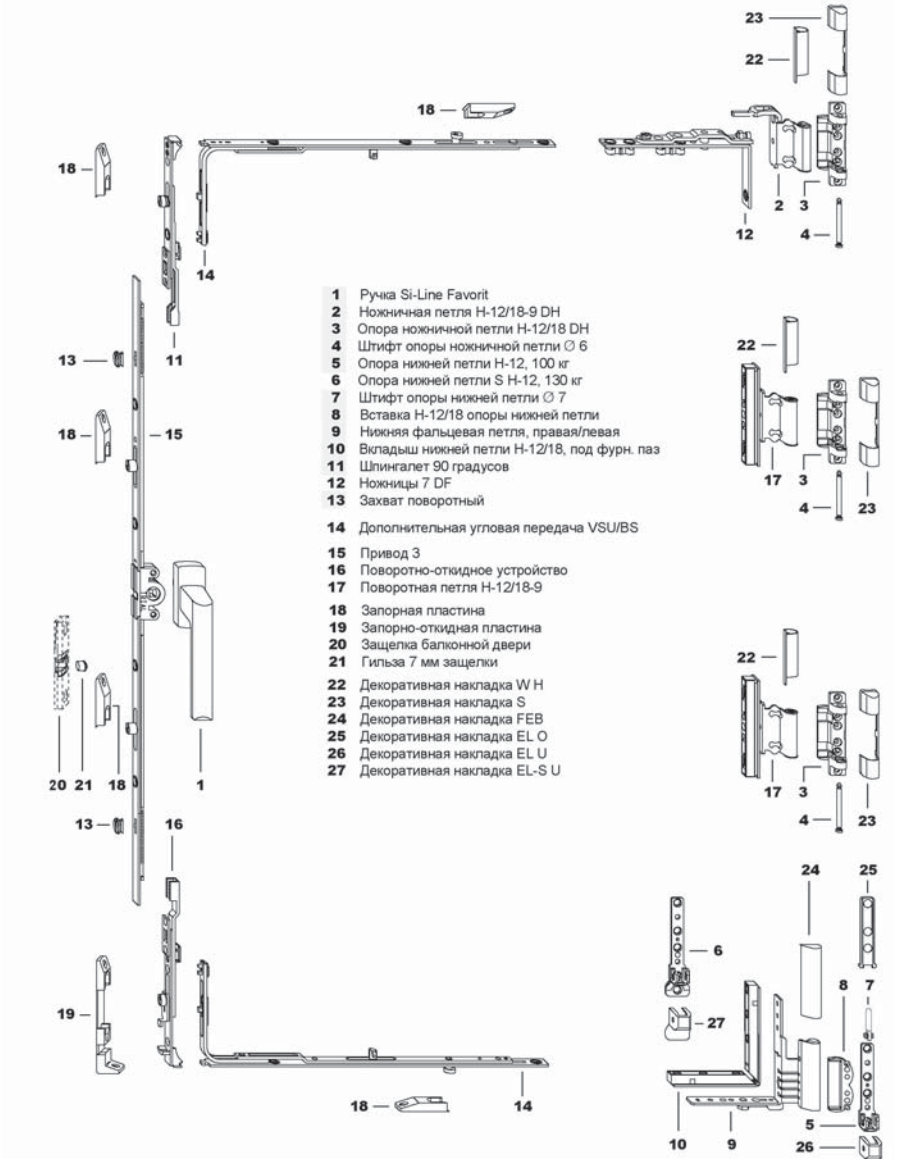


Рис. 7.6.0.1. Комплект поворотной фурнитуры для окон из дерева. Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3.

7.7. ФУРНИТУРА ДЛЯ ФРАМУГ

Разновидностью поворотной фурнитуры является фурнитура, предназначенная для открывания нижнеподвесных поворотных окон – фрамуг. Фрамужное открывание применяется для створок, ширина которых превышает высоту, т.е. в том случае, когда поворотное открывание вокруг вертикальной оси невозможно (см. нагрузочные диаграммы раздела 7.11).

Фрамуги удобны для окон, расположенных на значительной высоте от пола, поскольку могут комплектоваться ***ручными и автоматическими приводами дистанционного открывания.*** Фрамужная фурнитура при относительной простоте конструкции имеет хорошие возможности с точки зрения нескольких режимов проветривания. Комплект фурнитуры для фрамужного окна показан на рис. 7.7.0.1.

На рисунке (рис.7.7.0.1) хорошо видно, что фрамужное окно не имеет прижимов по короткой стороне (по высоте). Из этого следует, что ***фрамужные окна не следует проектировать высотой более 800 мм из ПВХ и 1000 мм из дерева, что соответствует предельно допустимому расстоянию между точками запирания.***

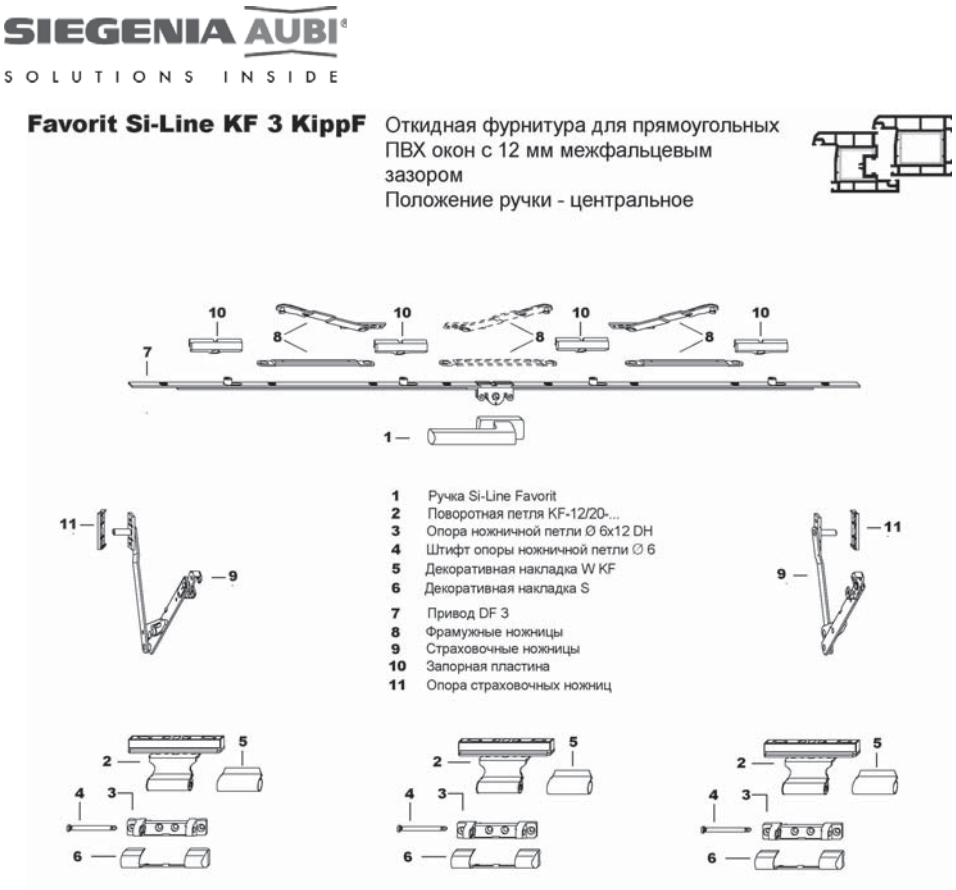


Рис. 7.7.0.1. Комплект поворотной фурнитуры для фрамужного окна. Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3.

Прижим фрамужного окна по нижней стороне осуществляется за счет петлевой группы, а вверху – прижимными язычками или роликами основного механизма.

На рис. 7.7.0.2 показаны различные режимы проветривания фрамужного окна (ступенчатое откидывание), реализованные за счет специального рычага управления, устанавливаемого в комплект фрамужной фурнитуры вместо стандартных страховочных ножниц.

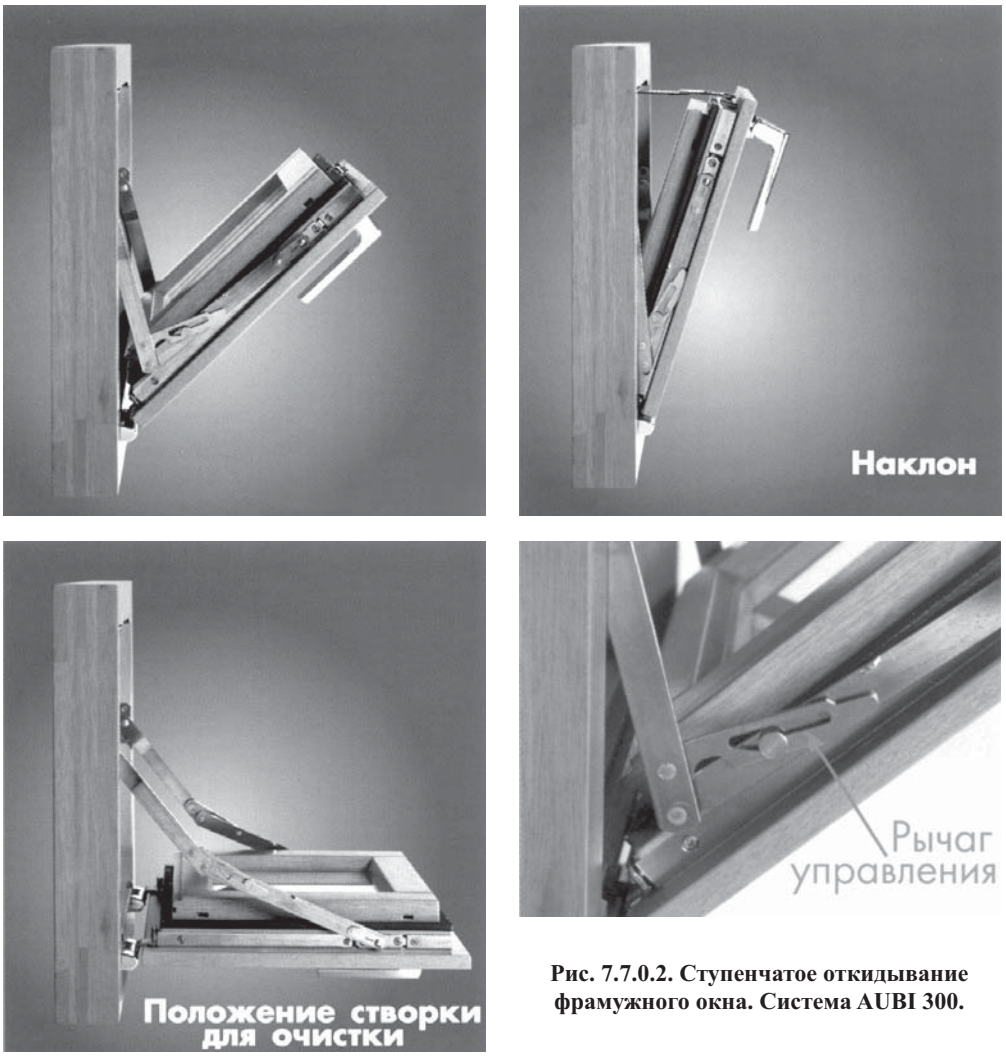


Рис. 7.7.0.2. Ступенчатое откидывание фрамужного окна. Система AUBI 300.

7.8. НАКЛОННО-СДВИЖНАЯ ФУРНИТУРА

Наклонно-сдвижная фурнитура предназначена для окон и дверей из ПВХ и дерева с возможностью откидывания створки. При этом обеспечивается плотное запирание створки по всему периметру. Наклонно-сдвижная фурнитура не требует специального профиля, а монтируется в стандартный оконный профиль из ПВХ, дерева или алюминия.

При проектировании окон и остекленных дверей, оборудованных наклонно-сдвижной фурнитурой, следует различать такое понятие как «схема открывания». На Рис.7.8.0.1 приведены возможные схемы открывания фурнитуры системы Siegenia PSK PORTAL 200 Z с указанием соответствующих ограничений по размерам для всего блока. При этом в этой системе принимаются следующие ограничения по размерам непосредственно для движущейся створки:

– высота створки по фальцу: FFH = 840 – 2380 мм;
– ширина створки по фальцу: FFB = 670 – 1600 мм;
– максимальный вес створки – 150 кг.

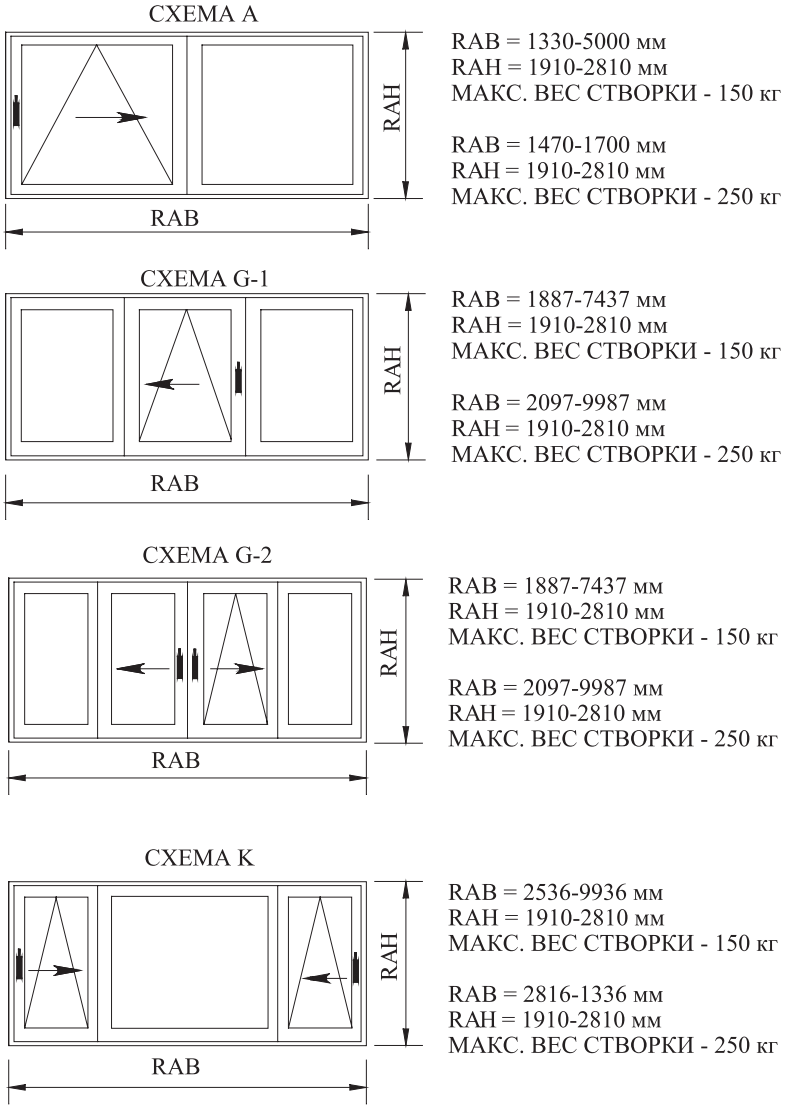


Рис. 7.8.0.1. Схемы открывания окон и дверей, оборудованных наклонно-сдвижной фурнитурой. Система Siegenia PSK PORTAL 200 Z.

Элементы комплекта наклонно-сдвижной фурнитуры подразделяются по конструктивному назначению на две группы: 1) элементы фурнитуры, обеспечивающие запирание створки, и 2) механизмы, осуществляющие сдвиг створки.

Для запирания створки используется та же самая фурнитура, что и для наклонно-поворотных окон, устанавливаемая в фурнитурном пазу и подбираемая в зависимости от размеров створки по фальцу. Таким образом, функции запирания в наклонно-сдвижной фурнитуре выполняет тот же периметральный механизм, что и в наклонно-поворотной фурнитуре.

На Рис. 7.8.0.2 показан **комплект** наклонно-сдвижной фурнитуры для окон из дерева и ПВХ системы Siegenia PSK PORTAL 200 Z.

Режим наклона (откидывания), аналогично решению наклонно-поворотной системы «Siegenia FAVORIT Si-line KF3 – Базовая безопасность», осуществляется за счет углового переключателя (поз.7), в котором совмещены функции запирания и наклона. При этом наклонно-сдвижная система не имеет петель, а переключатели (поз.7 и 8) устанавливаются соответственно в двух нижних углах створки. В верхней части створки устанавливаются ***ножницы наклона,*** позволяющие откидывать створку и поддерживающие ее при сдвиге.

Для сдвига створки используются верхняя (поз.17) и нижняя (поз.19) направляющие шины, по которым перемещаются ведущие ***тележки*** (поз.9 и 10). В зависимости от схемы открывания, в комплект устанавливаются тележки ***левого или правого исполнения.*** Направляющие шины и декоративные профильные накладки на них подбираются в зависимости от общей ширины оконного блока.

Все функции в наклонно-сдвижной фурнитуре (откидывание, запирание, сдвиг) осуществляются одной рукой с помощью ручки, установленной на створке.

Система Siegenia PSK PORTAL 200 Z относится к противовзломной фурнитуре и имеет первую степень противовзломности (WK 1).

Наклонно-сдвижная фурнитура является эффективным инструментом для архитекторов при организации планировочного пространства. Кроме того, установка систем наклонно-сдвижной фурнитуры в окнах из ПВХ может быть рассмотрена как одно из наиболее перспективных направлений с точки зрения применения оконных профильных систем из поливинилхлорида в условиях сурового континентального климата (практически на всей территории России, Канады и Северной Европы).

Как уже отмечалось в главе 2, технология изготовления окон из ПВХ не позволяет иметь жесткий контур армирования по всему периметру окна, а соответственно – и пространственную жесткость рамы и створки по отношению к температурным деформациям. Створка при этом оказывается в наиболее уязвимом положении, поскольку не может быть закреплена как рама по всему периметру.

Пространственная жесткость окон из ПВХ создается стеклопакетом и элементами периметральной фурнитуры. При этом, если стеклопакет, создавая жесткость, одновременно создает и нагружение створки, то фурнитурный механизм работает с точки зрения пространственной жесткости исключительно как связь за счет наличия в ней угловых элементов.

Для наклонно-поворотной фурнитуры, имеющей три угловых переключателя, необходима нижняя петлевая группа, совмещающая функции поворота и наклона (раздел 7.10). Добавление четвертого (нижнего у петли) угла приведет к значительному усложнению и удорожанию комплекта. Конструктивно это решение реализовано в поворотно-откидной фурнитуре для нестандартных окон – трапецевидных и арочных (см. прил. 9), где движение на ножницы передается через нижний угол, где установлена петля.

SIEGENIA AUBI
SOLUTIONS INSIDE

PSK 200 Z

Параллельно-сдвижная откидная фурнитура с принудительным приводом для прямоугольных окон из деревянного и ПВХ профиля с 21 мм межфальцевым зазором

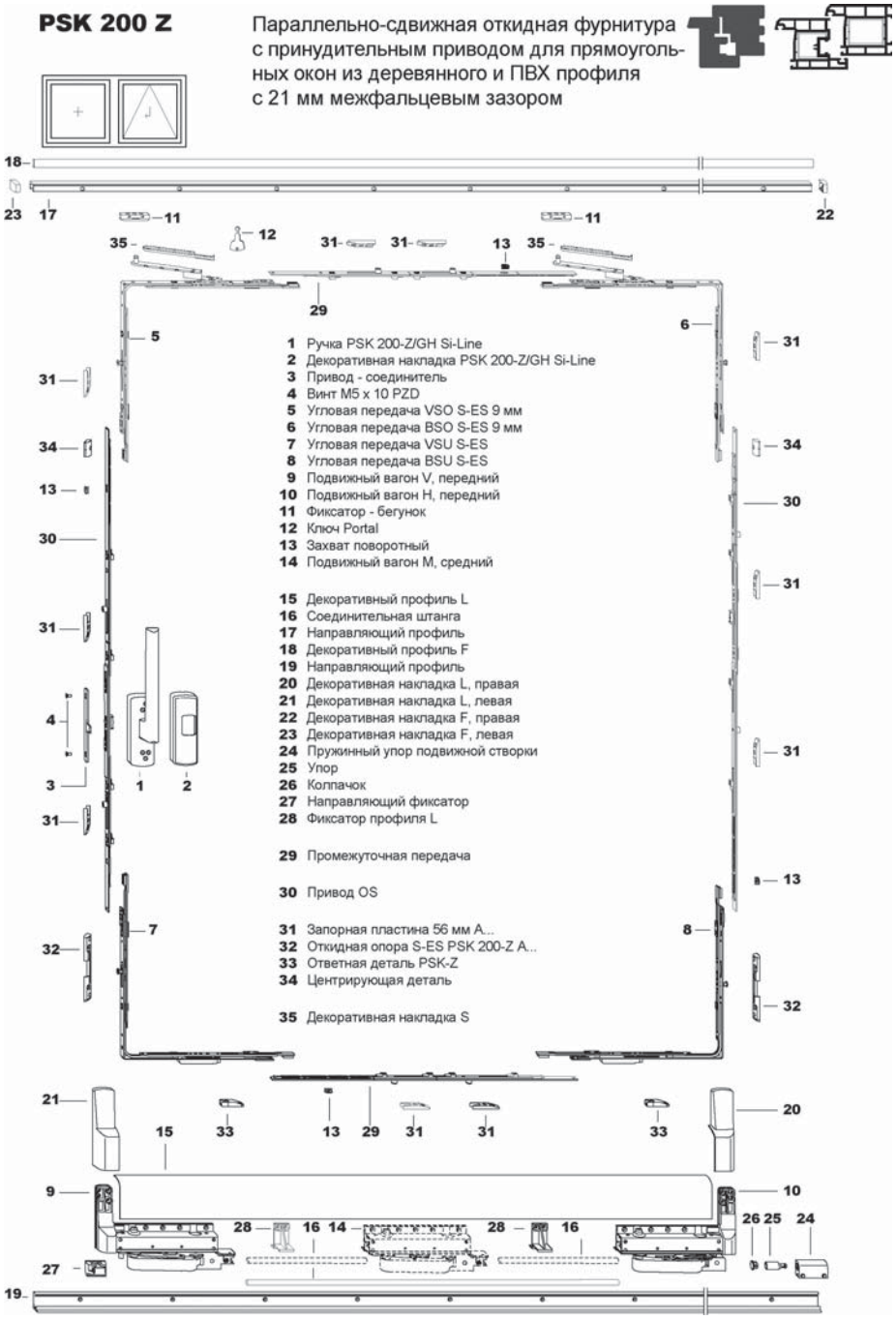


Рис. 7.8.0.2. Комплект наклонно-сдвижной фурнитуры Система PSK PORTAL.

В наклонно-сдвижной системе при отсутствии петлевой группы органично реализуется принцип полностью замкнутого механизма, имеющего четыре жестких угла. Створка, таким образом, оказывается обвязанной по всему периметру стальным силовым контуром.

7.9. РАЗМЕРНЫЙ РЯД ДЛЯ СИСТЕМ ФУРНИТУРЫ.

Выше были рассмотрены конструктивные решения наклонно-поворотной фурнитуры для окон, изготовленных из различных профилей. Исключая алюминий, к фурнитуре для окон из ПВХ и дерева применимо понятие «модульных размеров» или «размерного ряда».

Как уже отмечалось, в принципе работы современной фурнитуры заложено объединение нескольких конструктивных элементов в единый периметральный механизм, в котором движение от управляющей ручки передается по контуру окна.

С точки зрения фурнитуры для окна в интерьере существует два принципиальных решения по расположению запирающей ручки:

1) ручка расположена на середине высоты окна;

2) ручка расположена на некоторой заданной высоте от низа окна.

С точки зрения архитектуры второе решение придает интерьерам заданный ритм и строгость, поскольку в этом случае высота ручки на окне технологически выдерживается с точностью до миллиметра. Ручки, установленные на одном уровне, красиво смотрятся в больших помещениях при расположении нескольких окон в ряд, например, в школах, детских садах, административных учреждениях и т.п. При этом желаемое проектное *положение ручки должно быть согласовано с технологическими размерами производителя системы фурнитуры.* Следует отметить, что при формировании номенклатуры изделий производители прежде всего ориентируются на соображения эргономики. Определение высоты ручки окна от уровня пола из условия удобства в эксплуатации показано на рис. 7.9.0.1.

Конструктивно фиксированное положение ручки осуществляется за счет установки в комплект фурнитуры ***константного механизма*** (основного привода с фиксированным положением ручки – (см. рис. 7.1.0.5 – низ; раздел 7.1). При этом положение ручки в середине окна осуществляется за счет применения ***переменного механизма*** (основного привода с переменным положением ручки (см. рис. 7.1.0.5 – верх)).

Комплект фурнитуры с константным механизмом для окон из ПВХ показан на рис. 7.9.0.2.

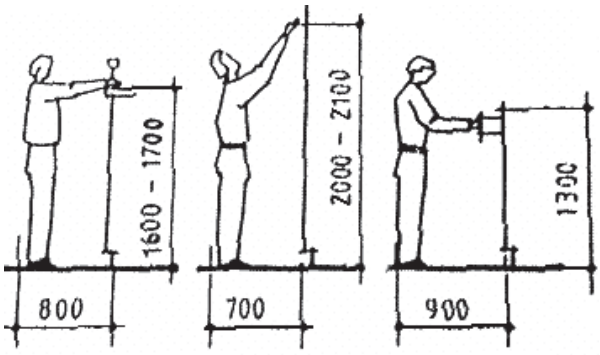
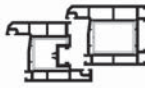


Рис. 7.9.0.1 Эргономическое определение высоты ручки окна от уровня пола – оптимально от 1300 до 1700 мм.

SIEGENIA AUBI
SOLUTIONS INSIDE

Favorit Si-Line KF 23 Поворотно-откидная фурнитура для прямоугольных ПВХ окон с 12 мм межфальцевым зазором
Положение ручки - фиксированное по высоте



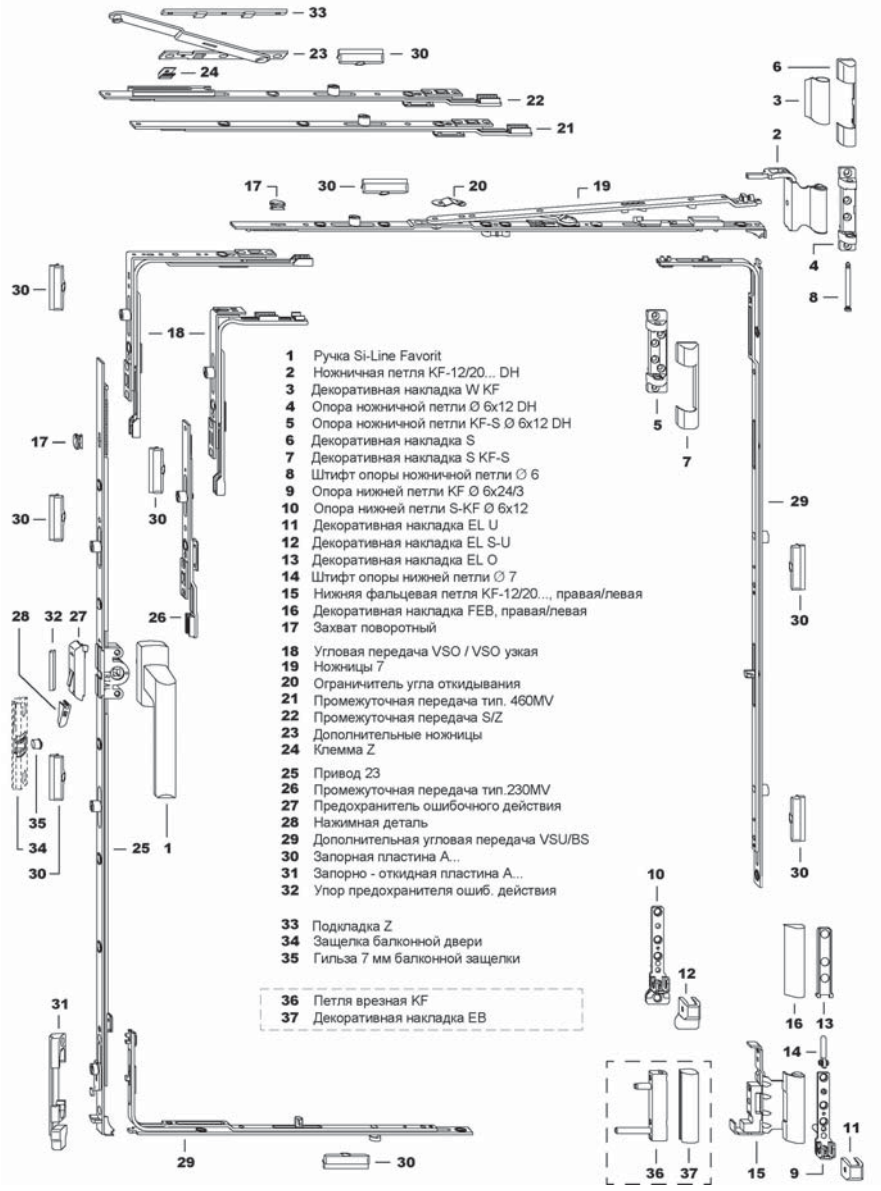


Рис. 7.9.0.2. Комплект поворотно-откидной фурнитуры для окон из ПВХ. Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3.Фиксированное положение ручки

На константном механизме, в отличие от переменного, реечная передача предусматривается вверху. Соответственно низ константного механизма жестко соединяется с нижней угловой передачей.

Окна как с константным, так и с переменным механизмом, не должны выходить по своим геометрическим размерам за пределы размерного ряда, определяемого набором типоразмеров отдельных блоков (в первую очередь, основных приводов и ножничных кронштейнов), выпускаемых производителем системы фурнитуры. Следует отметить, что размерный ряд сохраняется принципиально близким у всех производителей; максимальные различия могут находиться в пределах 100 мм.

В табл. 7.9.0.1а и табл. 7.9.0.1б приведены типоразмеры основных приводов системы AUBI 300, а также типоразмеры ножничных кронштейнов.

Следует обратить внимание, что приведенный размерный ряд может быть принят в качестве ориентира для предварительного определения размеров оконных и дверных конструкций, оснащенных современной фурнитурой. Так, из приведенных таблиц видно, что поворотно-откидная створка не может быть выполнена высотой менее 470 мм и шириной менее 340 мм.

Табл. 7.9.0.1а

Размерные группы основных механизмов с переменным положением ручки. Система AUBI 300

N группы	Размер створки по фальцу, **FFH** мм
1	**465-770**
2	**560-860**
3	**600-900**
4	**800-1100**
5	**1100-1400**
6	**1400-1700**
7	**1700-2000**
8	**2000-2300**

Размерные группы основных механизмов с фиксированным положением ручки. Система AUBI 300

N группы	Размер створки по фальцу, **FFH** мм	Высота ручки от низа окна **C**, мм
1	**470-620**	**188**
2	**560-860**	**280**
3	**800-1100**	**400**
4	**1100-1400**	**550**
5	**1400-1700**	**700**
6	**1700-2000**	**700**
7	**1700-2000**	**1050**
8	**2000-2300**	**1050**

Табл. 7.9.0.1б

Размерные группы ножничных кронштейнов. Система AUBI 300

N группы	Ширина створки по фальцу, **FFB** мм
1	**340-550**
2	**550-850**
3	**850-1150**
4	**1150-1450**
5	**670-970**

7.10. ПЕТЛЕВАЯ ГРУППА.

Петлевая группа фурнитуры является ее основным несущим элементом, и воспринимает значительную часть статических и динамических нагрузок, действующих на открывающееся окно как в закрытом, так и в открытом положении.

Конструкция петлевой группы зависит от типа открывания окна, который определяет четыре принципиальные позиции по расположению петель: 1) справа или слева по вертикальной оси створки в поворотных и поворотно-откидных окнах; 2) снизу по горизонтальной оси в нижнеподвесных (фрамужных) окнах; 3) сверху по горизонтальной оси в верхнеподвесных окнах; 4) по средней горизонтальной оси створки в среднеподвесных окнах.

Петли, входящие в комплект современной фурнитуры, представляют из себя сложные конструктивные узлы, состоящие из нескольких элементов, образующих подвижное закрепление створки на раме таким образом, чтобы:

– обеспечить восприятие заданного веса створки (иными словами – иметь расчетную грузоподъемность);
– не допускать локального разрушения материала профиля (скалывания и смятия древесины, растрескивания и истирания ПВХ) в местах крепления;
– не допускать локального промерзания профиля по крепежным элементам петель.

Петлевая группа работает не только на вертикальные нагрузки при открывании окна, но и на горизонтальные нагрузки, обеспечивая, совместно с контурным механизмом, прижим окна внизу и вверху по петлевой стороне.

При установке петель должна быть соблюдена строгая вертикальность (или горизонтальность) линий несущих осей двух или более петель. ***Любые возникающие эксцентриситеты ведут к возникновению местных напряжений в местах крепления петель, перекашиванию и отвисанию створок – к трудностям при закрывании-открывании.***

Петли должны крепиться по возможности ближе к углам оконных блоков – особенно из ПВХ и дерева, поскольку практический опыт показывает, что при отсутствии прижима в углах возникнет их отгибание. У окон из ПВХ это происходит вследствие линейного расширения профиля створки, у окон из дерева – вследствие естественной усушки древесины. Отгибание створки вызывает продувание рамы в углах, и со временем приводит к накоплению необратимых остаточных деформаций.

В конструкции петель принципиально также важна технологичность и удобство монтажа на окне. Петли должны обеспечивать возможность простого демонтажа створки при проведении монтажных работ и навешивания ее обратно с возможностью регулировки.

В петлевой группе поворотно-откидного окна необходимо различать группу элементов ***верхней и нижней петли.*** На нижнюю петлю приходится вся основная нагрузка от собственного веса створки. Кроме того, она должна совмещать в себе две функции: поворота и наклона. На Рис. 7.10.0.1а показана нижняя петля для окна из ПВХ системы AUBI 300 грузоподъемностью 100 кг.

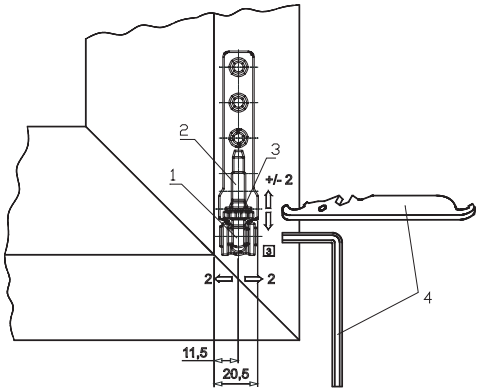


Рис. 7.10.0.1а Конструкция нижней петли для наклонно-поворотного окна из ПВХ. Система AUBI 300.

1 – подвижная втулка, 2 – вертикальный несущий штифт, 3 – ограничительная шестеренка, 4 – регулировочные ключи

Рамная часть петли (опора), основа которой выполнена в виде стальной пластины, крепится четырьмя саморезами, проходящими насквозь через армирование. В нижней части при помощи подвижной втулки (поз.1) закреплен вертикальный несущий штифт (поз.2) с ограничительной регулировочной шестеренкой (поз.3), имеющий возможность наклона. Петля имеет возможность регулировки положения створки при помощи специальных ключей в двух направлениях – по высоте при помощи перемещения шестеренки (поз.3), и по ширине за счет вкручивания или выкручивания втулки (поз.1). На вертикальный штифт одевается створочная часть, закрепляемая на створке саморезами через цилиндрические створочные штифты. В зависимости от системы фурнитуры и проектируемой грузоподъемности створки эти штифты имеют различную длину (рис. 7.10.0.1б).

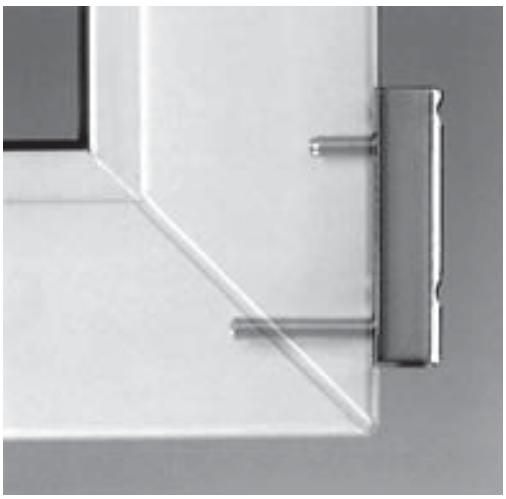


Рис. 7.10.0.1б. Нижняя петля повышенной грузоподъемности (130 кг) для окна из ПВХ. Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3.

Створочный профиль конструируется производителями таким образом, чтобы скомпенсировать усилия выдергивания крепежных саморезов из ПВХ (рис. 7.10.0.2).

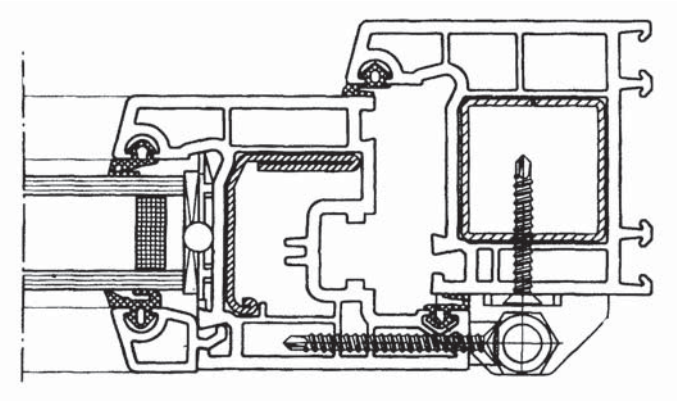


Рис. 7.10.0.2. Саморезы, крепящие петлю, проходят через две стенки створочного профиля из ПВХ. Система VEKA SOFTLINE AD.

Для окон из дерева как нижняя, так и верхняя петлевая группа конструируются исходя из недопустимости местного скалывания древесины в местах крепления.

В опорах для петель из дерева обязательно применяют несущие цилиндрические вставки. В рамном профиле для них по шаблонам фрезеруются специальные углубления. Изначально применялись вставки с глубиной фрезеровки 20 мм. Однако эксплуатация в российских климатических условиях показала, что в этом случае происходит локальное промерзание профиля в районе петель. Поэтому в настоящее время применяются петли с глубиной фрезеровки 5 мм.

В нижних петлях для дерева предусматривается специальная дистанционная вставка из пластика, предохраняющая древесину от смятия в области фурнитурного паза (рис. 7.10.0.3).

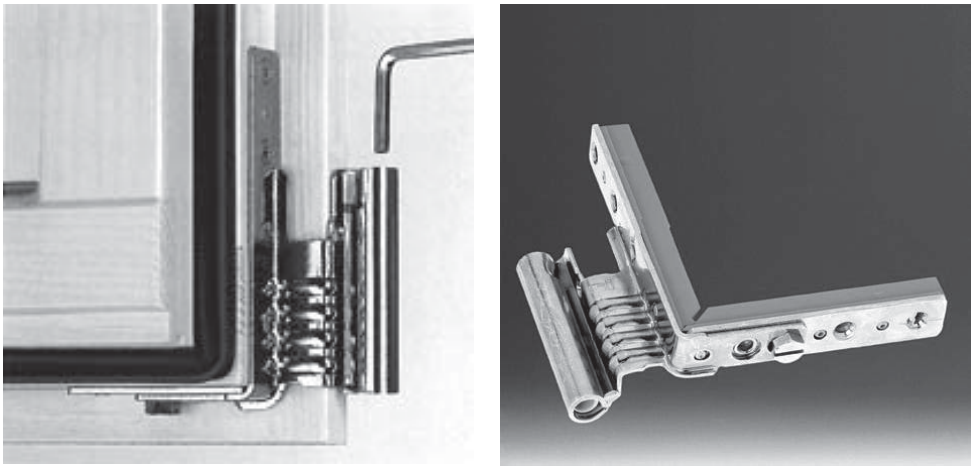


Рис. 7.10.0.3. Конструкция нижней петли с пластиковой вставкой для окон из дерева. Система Siegenia FAVORIT Si-line KF3.

Аналогичное решение применяется и в так называемых «фальцевых» петлях для ПВХ. Однако в ПВХ-окнах они не нашли широкого применения из-за относительно высокой стоимости. Кроме того, как показал опыт, такая петля сминает уплотнение в углу створок из ПВХ, что приводит к их продуванию.

Верхняя петля поворотно-откидного и поворотного окна работает совместно с ножничным кронштейном. На рис. 7.10.0.4 показана верхняя петля для наклонно-поворотного окна из ПВХ системы AUBI 300.

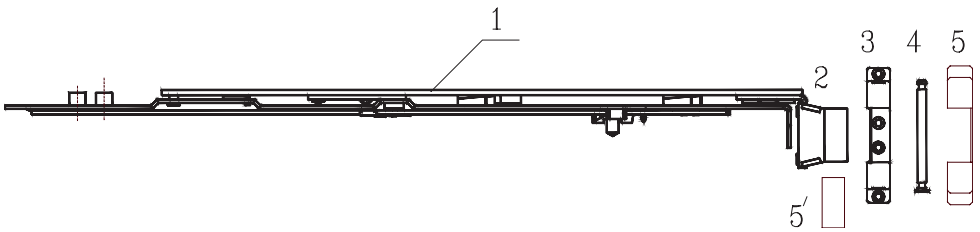


Рис. 7.10.0.4. Конструкция верхней петли для наклонно-поворотного окна из ПВХ. Система AUBI 300.

1 – поворотно-откидные ножницы (в поворотном окне – поворотные ножницы), 2 – элемент, соединяемый с ножницами, 3 – опорная рамная пластина, 4 – штифт, 5, 5’ – декоративные пластиковые накладки.

Аналогично нижней петле, базовая часть верхней петли в виде пластины крепится саморезами насквозь в армирование рамного профиля. В базовую часть вставляется вертикальный штифт, на который навешивается ножничный кронштейн. Верхняя петля, как правило, не регулируется.

Требуемая грузоподъемность обеспечивается за счет совместной работы нижней и верхней петли. При этом в работе петлевой группы участвует поворотно-откидной запор в качестве третьей шарнирной опоры, как показано на схеме рис. 7.10.0.5.

Количество точек крепления и размер базовой крепежной пластины определяют ***грузоподъемность*** как наклонно-поворотных, так и поворотных петель. В оконных и дверных светопрозрачных конструкциях, как правило, применяются петли грузоподъемностью 80, 100 и 130 кг.

- Неизбежные сложности с выдергиванием саморезов и локальным повреждением материала профиля возникают в поворотных створках с неверно укомплектованной фурнитурой. К сожалению, отказ от поворотных ножниц, работающих, как и в наклонно-поворотной фурнитуре, совместно с верхней петлей, является достаточно распространенной ошибкой производителей как пластиковых, так и деревянных окон. Заманчивое стремление сделать поворотную створку максимально дешевой на практике зачастую приводит к тому, что она навешивается на трех средних петлях, у которых створочная часть в виде пластины вщелкивается в фурнитурный паз створочного профиля и закрепляется саморезами. При этом из комплекта изымаются: нижняя несущая петля, а также практически все элементы контурного механизма, за исключением основного привода.

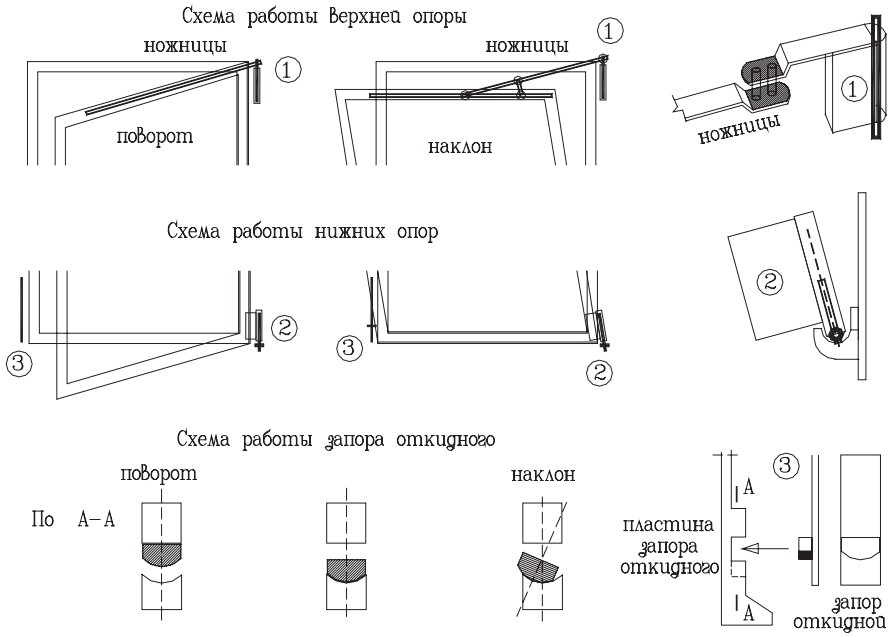


Рис. рис. 7.10.0.5. Схема работы петлевой группы

1 – верхняя петля с ножницами, 2 -нижняя петля, 3 – поворотно-откидной запор.

Разновидностью поворотных петель являются так называемые «ввертные петли» для деревянных и пластиковых окон, привлекательные с точки зрения дешевизны для производителей. Как показывает практика эксплуатации таких окон в условиях г. Москвы, локальное разрушение как дерева, так и ПВХ в местах крепления таких петель начинает приобретать необратимый характер уже в первый год эксплуатации окна. Окна отвисают, а отсутствие прижима по контуру приводит к их сквозному продуванию.

Исключением в этом отношении можно считать алюминиевые окна, имеющие высокую пространственную жесткость рамы с точки зрения работы из плоскости. Алюминий, обладающий модулем упругости на порядок более высоким по сравнению с ПВХ и деревом, не нуждается в точках запирания с шагом 800 … 1000 мм, поэтому набор фурнитуры для поворотных створок из алюминия может быть существенно удешевлен по сравнению с наклонно-поворотным набором.

ФУРНИТУРА СО СКРЫТЫМИ ПЕТЛЯМИ

Интересное решение, как с точки зрения эстетики, так и с точки зрения работы конструкции, реализовано в фурнитуре со скрытыми петлями, элементы которой показаны на рис. рис. 7.10.0.6.

Такой подход к проектированию фурнитуры может быть привлекателен для архитекторов прежде всего при реставрации и реконструкции старинных зданий, где замена технически устаревшей фурнитуры представляет из себя серьезную проблему с точки зрения стилистики. Невидимые, и как бы отсутствующие в окне, петли в данном случае могут быть приняты в качестве компромисса между современными требованиями комфорта и идеологией интерьеров прошлых веков.





Неверная комплектация фурнитурой окон из ПВХ. Входная (поворотная) дверь в зимний сад, навешенная на четырех средних петлях (ввертных петлях), отвисла.





К главе 7.
Системы наклонно-сдвижной фурнитуры SIEGENIA в окнах индивидуального жилого дома



К главе 4.
Витражи индивидуального жилого дома из алюминиевых профилей. Слева – южный витраж с солнцезащитными стеклами в стеклопакетах; справа – северный витраж; двухкамерные стеклопакеты с прозрачным низкоэмиссионным стеклом.





Неверная комплектация фурнитурой окон из ПВХ. Высота открывающейся фрамуги превышает 800 мм. Отсутствуют необходимые прижимы по контуру. Нагрузка от окна при открывании передается на горизонтальный импост, не имеющий усиления.

В принципе работы такой фурнитуры заложена идея применения своего рода «ножниц без петель», причем как вверху, так и внизу окна. Створка не вращается вокруг вертикальной оси как в стандартном варианте фурнитуры, а поворачивается за счет штифтов «верхних» и «нижних» ножниц; при этом за счет тяги внизу окна (рис. 7.10.0.6б) осуществляется режим откидывания.

Фурнитура со скрытыми петлями более жесткая по сравнению со стандартной за счет образования треугольников из силовых элементов ножниц при открывании. Это делает ее привлекательной для зданий с высокими ветровыми нагрузками, несмотря на определенные ограничения открывания, обусловленные спецификой конструкции – на угол до 90º в поворотном режиме. Скрытые петли также интересны и с точки зрения теплотехники, поскольку все крепежные элементы располагаются в данном случае перпендикулярно тепловому потоку*.

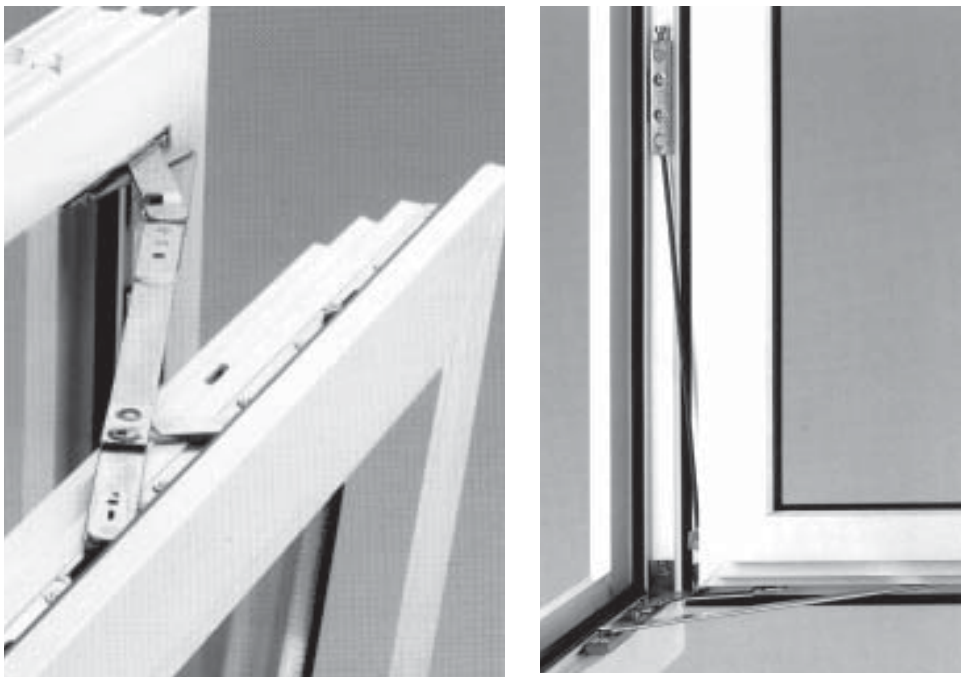


Рис. 7.10.0.6. Элементы фурнитуры со скрытыми петлями. Система Siegenia Si-lineV-KF3. Базовая безопасность. а) верхняя часть окна; б) нижняя часть окна.

- Аналогичное решение петель (но только поворотных) реализовано в Канаде для однокамерных стеклопластиковых окон. При этом, как показал опыт эксплуатации, такие петли не промерзали даже в самые суровые зимы.

7.11. ДИАГРАММЫ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО РАЗМЕРАМ СТВОРКИ.

Применение петель той или иной грузоподъемности регламентируется общим весом створки, а также моментом сил, который должен быть воспринят петлевой группой. Расчетный момент сил наклонно-поворотного и поворотного окна зависит от ширины створки. При этом окно рассматривается как открытое в режиме поворота.

Определение допустимых размеров створок в зависимости от действующих усилий реализовано в так называемых ***нагрузочных диаграммах,*** приводимых в техническом руководстве каждого из производителей систем фурнитуры для петель различной грузоподъемности.

В Прил. 10 приведены нагрузочные диаграммы для петель системы AUBI 300 применительно к окнам различной формы – поворотным и поворотно-откидным.

Приведем пример назначения размеров открывающейся створки окна в соответствии с нагрузочной диаграммой.

ПРИМЕР.

Проектные размеры п**рямоугольной наклонно-поворотной створки окна из ПВХ** с двухкамерным стеклопакетом **4-12-4-12-4** приняты равными: 1) высота створки по фальцу – **FFH = 1800 мм;** 2) ширина створки по фальцу **FFB = 1000 мм.**

Собственный вес створки составляет 50 кг/м².

Необходимо определить возможность изготовления окна с указанными параметрами при условии применения системы фурнитуры AUBI 300.

1. Площадь створки S = 1,8 м • 1,0 м = 1, 8 м²;
2. Общий вес створки GG = 1, 8 м² • 50 кг/м² = 90 кг
3. По Прил. 10 находим диаграмму для створок весом до 100 кг.
4. По диаграмме (рис. 7.11.0.1) находим точку пересечения (точка 1), заданных **FFH = 1800 мм и FFB = 1000 мм.**
5. Точка 1 находится в заштрихованной области ниже ограничительной линии для створок весом 50 кг/м² (GG= 50 кг/м²), следовательно ***запроектированное окно не выходит за допустимые ограничения по размерам.***

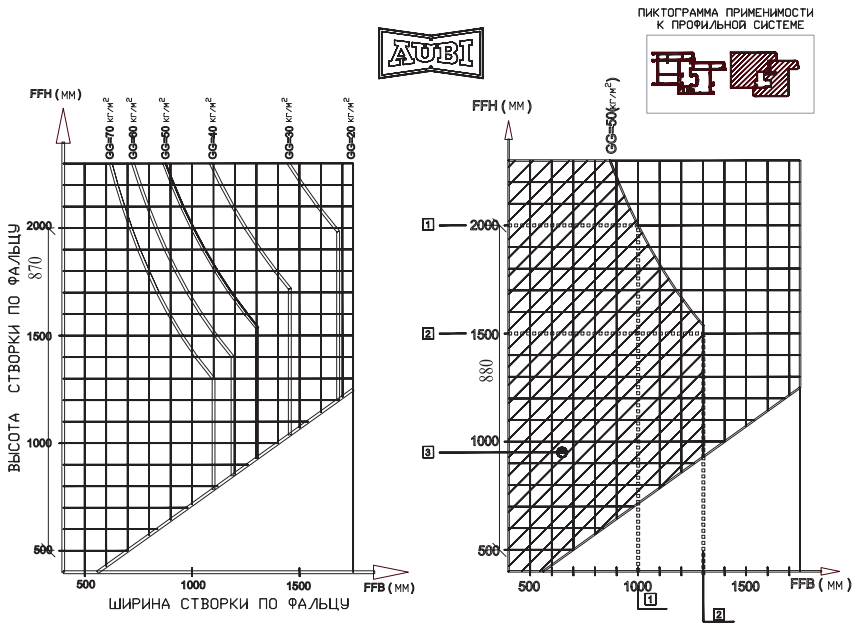


Рис. 7.11.0.1. Нагрузочная диаграмма для наклонно-поворотных окон из дерева и ПВХ. Максимальный вес створки до 100 кг. Система AUBI 300.

При назначении размеров открывающихся створок необходимо помнить, что белая зона на нагрузочной диаграмме для окон заданной конструкции является зоной запретных размеров. Если точка пересечения координат FFH и FFB запроектированного открывающегося окна попадает в «белую зону» диаграммы, необходимо изменить проектный размер открывающейся части.

Если точка пересечения координат FFH и FFB оказывается над ограничительной линией для заданного веса створки, необходимо уменьшить вес остекления (скажем, заменить двухкамерный стеклопакет на однокамерный) или изменить проектный размер створки.

7.12. КРИТЕРИИ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ СИСТЕМ ФУРНИТУРЫ.

Как уже отмечалось, большое число рекламаций, предъявляемых к оконным фирмам, связано с отказами в работе систем фурнитуры. При этом, как показывает опыт экспертных оценок, негативные эффекты могут быть вызваны целым рядом факторов, не относящихся непосредственно к качеству деталей, входящих в комплект. ***Причиной номер один в большинстве случаев скорее следует считать неграмотную комплектацию фурнитуры – частично или полностью не соответствующую характеру ее эксплуатации на конкретном строительном объекте.***

Так, например, если на одинаковые окна в индивидуальном загородном доме, использующемся раз в неделю для отдыха, и в хирургическом отделении поликлиники установить один и тот же комплект фурнитуры, то разница в сроках его безотказной работы будет колоссальной. Помещения медицинских учреждений нуждаются в интенсивном проветривании, при этом окна зачастую необходимо открывать в различных режимах, соответственно и нагрузка на фурнитуру в этом случае несопоставима с частным домом. В комплект фурнитуры в зданиях с повышенными требованиями к вентиляции и не оборудованных специальными приточными системами следует в обязательном порядке включать более мощные петли, а также такие ***дополнительные элементы*** как устройства для микропроветривания или ступенчатого откидывания створки, блокираторы поворота ручки, ограничители открывания и др., которые имеются в любой развитой фурнитурной системе. Иными словами, ***чем больше технических возможностей имеет система фурнитуры, тем большими возможностями располагает проектировщик для задания режима ее стабильной и долговечной работы в определенном здании или помещении.*** Дополнительные элементы устанавливаются как расширение базового комплекта, а их подробное описание содержится в технических каталогах производителей фурнитуры.

Для долговечности и надежности системы фурнитуры принципиально важными являются также такие факторы как: 1) стойкость к коррозии и 2) стойкость к износу.

Стойкость к коррозии обеспечивается специальным антикоррозионным покрытием из цветных металлов. Сначала на стальную фурнитуру наносится цинковое покрытие, обеспечивающее защиту от влаги. Затем на цинковое покрытие в специальной гальванической ванне наносят оксид хрома и соли редких металлов для защиты цинкового покрытия от окисления. При этом состав и технология нанесения антикоррозионного покрытия индивидуальны для каждого из производителей систем фурнитуры.

Покрытия испытываются аэрозолью соляного тумана. При этом согласно немецким нормам DIN 50021 SS, через 72 часа на видимых поверхностях стальных частей не должна образовываться белая ржавчина, а через 240 часов – красная ржавчина. Из оценки антикоррозионных свойств исключаются: места клепок, места, обработанные для монтажа фурнитуры на окне, части и узлы, не обработанные при создании поверхности, если они не находятся в видимой части фурнитуры, места сварки и непосредственно прилежащие области.

Кроме стандартных испытаний, оговоренных нормами, каждый производитель фурнитуры может проводить и собственные дополнительные испытания покрытий. Так концерн SIEGENIA проводит испытания покрытий на воздействие силиконов, чистящих средств, хлорированной воды и др. Специальные испытания проводятся в районах морских побережий.

Структура различных покрытий, предлагаемых концерном SIEGENIA, приведена на рис. 7.12.0.1. Покрытие «титан-серебряный» с 2003 года используется SIEGENIA как стандартное – более экологически чистое при производстве. Это покрытие привлекательно для архитекторов, красиво гармонирует в интерьерах как с белыми пластиковыми окнами, так и с деревом различной структуры.

Покрытие «E-look» – «под нержавеющую сталь» имеет в 5 раз большую коррозионную стойкость по сравнению со стандартным. Фурнитура с таким покрытием может быть эффективно применена в зданиях и помещениях с агрессивной и влажной средой – в цехах производственных предприятий, бассейнах, на морских побережьях.

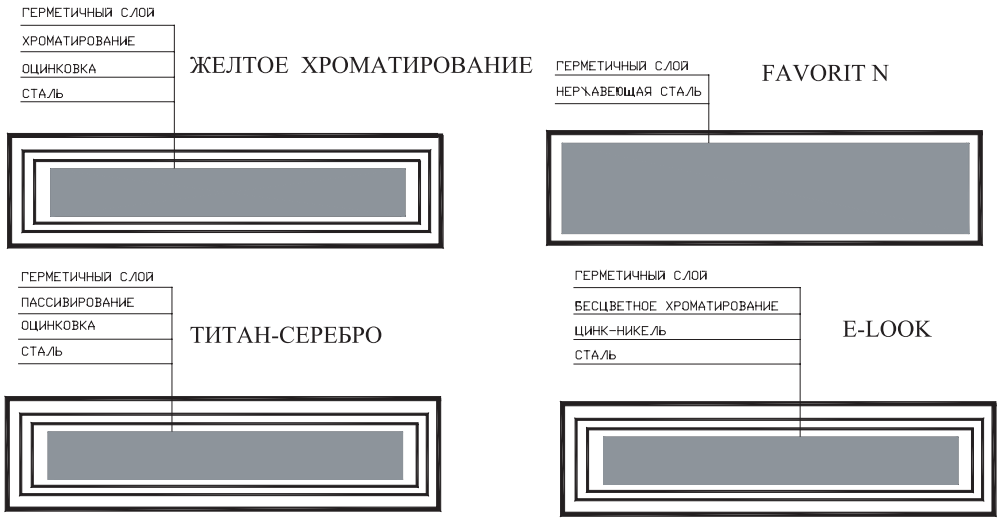


Рис. 7.12.0.1. Принципиальный состав покрытий фурнитуры концерна SIEGENIA.

А) желтое хроматированное, б) титан-серебро, в) E – Look – под «нержавейку»; г) фаворит – H – нержавеющая сталь.

Стойкость к износу может быть обеспечена за счет различных конструктивных мероприятий, направленных на уменьшение усилий трения в наиболее нагруженных узлах. В качестве примера такого решения могут быть приведены прижимные ролики системы AUBI 300, описанные в разделе 7.2.

В этом же аспекте могут быть рассмотрены и мероприятия, предотвращающие разбалтывание крепления элементов контурного механизма внутри фурнитурного паза, вызванное локальным разрушением профиля в местах крепежных саморезов.

При передаче усилий от оконной ручки на элементы фурнитуры, в них возникают продольные усилия **N**, которые через крепежные саморезы передаются на профиль, как показано на рис. 7.12.0.2. В профиле при этом возникают местные противоположно направленные напряжения **N'**, сосредоточенные в точках установки саморезов. При многократно повторяющихся нагрузках это может привести к растрескиванию и локальному разрушению ПВХ, особенно если фурнитурный врез оказывается в холодной зоне в зимний период.

На рис. 7.12.0.2 (поз 4) показаны направляющие шипы системы AUBI 300, закрепляющиеся в фурнитурном врезе. Помимо технологических преимуществ, позволяющих более точно фиксировать фурнитуру на стадии сборки окна, такое решение позволяет частично разгрузить саморезы и рассредоточить напряжения **N'** по четырем точкам вместо одной.

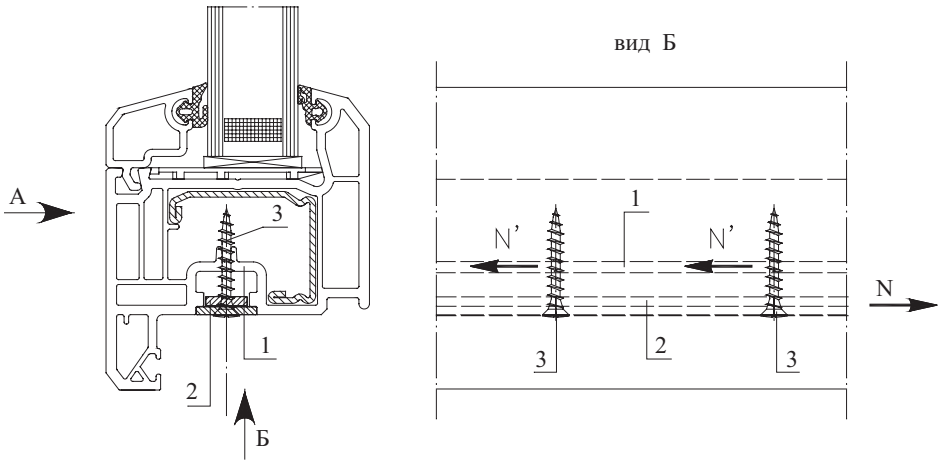


Рис. 7.12.0.2. Схема передачи усилий с элементов фурнитуры на оконный профиль.

1 – фальц фурнитурного вреза в профиле, 2 – элементы фурнитуры, 3 – крепежные саморезы, 4 – направляющие шипы, закрепляющиеся в фурнитурном врезе профиля (система AUBI 300).

7.13. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВКИ ФУРНИТУРЫ НА ОКОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Проблемы, возникающие при эксплуатации фурнитуры, могут быть также вызваны некачественным ее монтажом на окне в заводских условиях. В этой связи имеет смысл кратко остановиться на описании основных технологических операций, которые предусматриваются техническим руководством каждого из производителей систем фурнитуры.

При установке фурнитуры на окна из ПВХ, комплект монтируется на готовую сваренную створку, в которой заранее профрезерованы по шаблону отверстия под ручку и (при необходимости) под замковую группу. Все элементы фурнитуры – ответные планки, основные приводы, петли и др. – должны устанавливаться строго по шаблонам, выдаваемым изготовителем фурнитуры.

Монтаж фурнитуры на изделия производится на специальных столах, поверхность которых обита материалом с коротким ворсом во избежание механического повреждения оконных конструкций – появления царапин. К столам по сборке фурнитуры должны быть подведены линии сжатого воздуха и электропитания для постоянной очистки механизмов фурнитуры от пластмассовой крошки и пыли.

Первоначально на раме устанавливаются ответные планки и рамные части петлевой группы для верхней и нижней петли в наклонно-поворотной фурнитуре. Для поворотной фурнитуры добавляются средние петли (скрытые прижимы).

На створке последовательно монтируются:

1) Все угловые передачи.
2) В положении «открыто» (среднее положение запорных цапф) – основной привод, подбираемый по размерным артикулам в соответствии с размером створки. В зависимости от типа привода (константный или переменный), производится обрубание (обрезка) передаточной рейки с одной или с двух сторон с пробивкой крепежных отверстий, для того, чтобы адаптировать выбранный механизм к конкретным размерам створки. Обрубание производится таким образом, чтобы имелась возможность свободного хода элементов фурнитуры по всему контуру, при этом в местах их состыковки не должно возникать концентрации напряжений. Узел соединения обрезанных элементов фурнитуры между собой показан на рис. 7.13.0.1

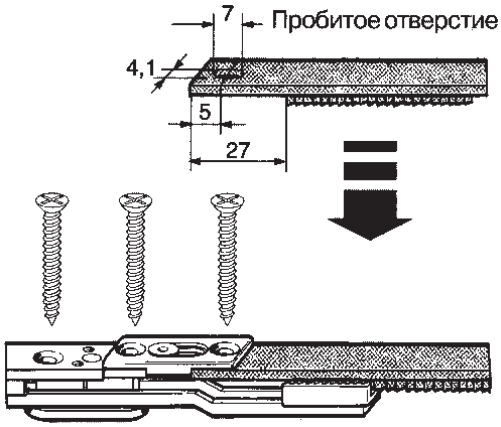


Рис. 7.13.0.1. Узел соединения элементов фурнитуры между собой

3) После установки основного привода аналогично, с подрезкой, монтируются ножничный кронштейн и, при необходимости, промежуточные передачи.
4) Затем устанавливаются рамная и створочная части петлевой группы. Створка навешивается на раму, и работа окна проверяется на стенде. При необходимости фурнитура регулируется.

Трудности при повороте оконной ручки в открытом положении, сопровождающиеся характерными щелчками, зачастую говорят об ошибках, допущенных при подрезке элементов – их упирания друг в друга. В этом случае необходим демонтаж нерабочих элементов комплекта и их повторная установка.

В этом отношении можно также говорить о том, что при комплектации окна следует по возможности избегать промежуточных передач, для которых также необходима обрезка рейки. ***Соответственно, чем меньше узлов сопряжения элементов в комплекте фурнитуры, тем надежнее работает контурный механизм. При понимании принципов комплектации фурнитуры эта проблема может быть решена проектировщиком уже непосредственно на стадии проектирования фасадов и назначения размеров окна.***

В настоящее время у крупных производителей фурнитуры прослеживается тенденция к разработке систем, полностью ориентированных на автоматизированную сборку, в которых количество обрубаемых элементов сведено к минимуму. Инновационной идеей в этом отношении можно считать систему SIEGENIA-AUBI TITAN iP (рис. 7.13.0.2), в которой обрезаемыми элементами являются угловые передачи, а не привод и ножницы, как в стандартном варианте.

Характерным отличием TITAN iP от всех существующих в настоящее время фурнитур является монтаж всех элементов, за исключением угловых переключателей, на отдельных нарезанных элементах створки – заготовках. При этом все детали фурнитуры, устанавливаемые на отдельных элементах створки, не обрезаются. А подгонка механизма к соответствующей ширине или высоте створок осуществляется при помощи обрезки угловых элементов. Угловые элементы, устанавливаемые в последнюю очередь, монтируются на уже сваренной створке, как и все традиционные фурнитуры.



Рис. 7.13.0.2. Система фурнитуры SIEGENIA-AUBI TITAN iP.
а) элементы фурнитуры, смонтированные на отдельных элементах створки;
б) обрезаемые угловые передачи.

7.14. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОКОННОЙ ФУРНИТУРЫ.

При проведении монтажных работ часто возникает необходимость демонтажа створок с последующим возвратом их на место, что, как правило, ведет к разрегулированию фурнитуры. Поэтому окончательная регулировка фурнитуры производится, как правило, уже после монтажа окон непосредственно на строительном объекте. При этом довольно часто возникают проблемы, вызванные следующими причинами:

- Неверная установка стеклопакета в профиле (неправильная его фиксация опорными и фиксирующими подкладками – см. раздел 3.5 «Прочность стеклопакетов»), приводящая к неравномерному распределению нагрузок на петлевую группу и, соответственно, отвисанию створки.
- Некачественный монтаж окна в проеме с отклонениями от вертикали, приводящий к эксцентриситетам в петлевой группе и элементах контурного механизма.
- Отсутствие требуемых температурных зазоров между ПВХ-окном и стеной, приводящее к выгибам оконных профилей из плоскости, и соответственно, к неплотному прижиму рамы в точках запирания.

Регулировка фурнитуры не может полностью устранить негативный эффект от всех перечисленных выше факторов, однако может частично его компенсировать. Комплект фурнитуры имеет несколько точек регулировки, зависящих от системы: 1) по петлям в зависимости от конструкции; 2) по ответным планкам или запорным цапфам (роликам) . За счет регулирования тех или иных узлов возможно изменение положения створки и ее прижима в пределах до 1 ... 2 мм.

За счет регулировки фурнитуры прижим створки может быть оптимизирован к зимним или летним условиям эксплуатации окна, что особенно актуально для створок из ПВХ. В этом отношении фурнитура также может гибко компенсировать незначительные необратимые деформации профилей, вызванные цикличным температурным расширением-сжатием ПВХ и усушкой-набуханием древесины.

Установленная фурнитура требует своевременного грамотного обслуживания и ухода. Согласно рекомендациям производителей, ее необходимо смазывать специальным фурнитурным маслом, не вызывающим коррозии металлических элементов и повреждения материала профиля, не реже одного раза в год. Следует также обратить внимание на защиту элементов фурнитуры и фурнитурных пазов от засорения пылью, грязью и штукатурным раствором, что неизбежно ведет к выходу ее из строя.

7.15. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ФУРНИТУРЫ ДЛЯ ДВЕРНЫХ БЛОКОВ.

В главе 2 (см. раздел 2-2-4) были рассмотрены конструктивные решения дверных конструкций из ПВХ-профилей. В зависимости от функционального назначения в здании, дверные блоки могут также изготавливаться из алюминиевых, стальных и деревянных профилей. Как уже отмечалось, дверные конструкции из ПВХ применяются преимущественно для изготовления внутренних дверей, чаще всего в качестве элемента светопрозрачных офисных перегородок (см. главу 10, раздел 10.3). Для изготовления наружных входных дверей в основном используются более жесткие конструкции из алюминиевого или стального профиля.

В отдельную группу могут быть вынесены небольшие по размеру типовые двери балконов (балконных блоков) и лоджий, а также панорамные патио-двери зимних садов и веранд.

Балконные двери, как правило, изготавливаются из обычного оконного профиля и комплектуются стандартной поворотной (реже – поворотно-откидной) фурнитурой. Очень часто в качестве дополнительного элемента в фурнитуре балконных дверей применяется балконная защелка, которая в дневное время фиксирует дверь в прикрытом положении для осуществления режима микропроветривания и экономии рабочего ресурса фурнитуры.

Аналогично балконным дверям, наружные патио-двери рассматриваются в оконных технологиях как элемент, изготавливаемый из обычного оконного профиля и комплектуемый системами наклонно-сдвижной фурнитуры.

Применение специального дверного профиля с элементами дверной фурнитуры предполагает изготовление дверного блока, многократно открываемого-закрываемого в течение дня и обладающего функцией защиты от нежелательного проникновения извне. ***Характерной чертой дверных конструкций является отсутствие периметрального фурнитурного механизма как такового. Этот фактор обуславливается двумя причинами.***

С одной стороны, дверные конструкции на базе оконных систем, как правило, являются внутренними ограждающими конструкциями или устанавливаются парами во входных тамбурах. Соответственно, плотный прижим дверной створки к раме по всему периметру не является в данном случае необходимостью: сквозная инфильтрация холодного наружного воздуха через дверь отсутствует. С другой стороны, дверная створка сама по себе является более жесткой по сравнению с оконной и, соответственно, менее подвержена выгибу из плоскости.

Стандартный комплект дверной фурнитуры включает в себя специальные дверные петли, рассчитанные на большой вес часто открываемой-закрываемой створки и механизм замка (рис. 7.15.0.1), располагаемый со стороны, противоположной петлевой группе.

Дверные замки производятся на специализированных предприятиях и выполняются из конструктивных деталей с высоким ресурсом работоспособности. Например, крупнейший производитель дверных замков в Европе немецкая компания KFV, которая входит в Siegenia-Aubi Grupp, проверяет всю свою продукцию минимум на 250 000 открываний.

Самую простую конструкцию имеют замки для межкомнатных дверей. Они выполняют единственную функцию – запирания, осуществляемую при помощи фалевой защелки или замкового ригеля или обоих этих элементов (в некоторых моделях). Управление замком осуществляется при помощи нажимной ручки (нажимного гарнитура), располагаемого в едином корпусе с запирающими элементами. В специализированной литературе такая система называется ***однозапорным механизмом.***

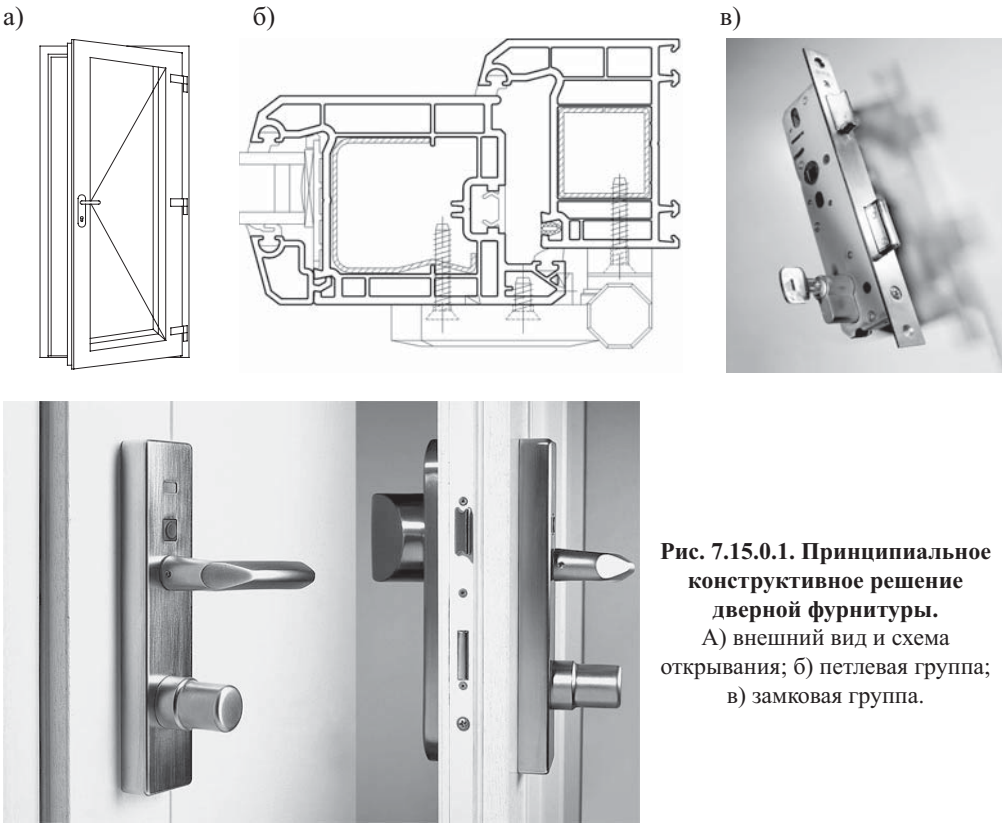


Рис. 7.15.0.1. Принципиальное конструктивное решение дверной фурнитуры.
А) внешний вид и схема открывания; б) петлевая группа; в) замковая группа.

Конструкция замков для входных дверей является более сложной, поскольку наряду с функцией запирания, они выполняют функцию защиты от взлома. В таких замках применяются более качественные материалы с повышенными прочностными характеристиками, а также специальные конструктивные решения, предотвращающие вскрытие замка разрушающими и неразрушающими (манипулятивными) методами.

К мерам такого типа относятся защита запирающих ригелей от перепиливания (за счет использования закаленной стали) и повышенная секретность запирания за счет использования цилиндрового механизма с ключом. В конструкции противовзломных дверных замков применяются цилиндрические и крюкообразные замковые ригели (рис. 7.15.0.2), количество и форма которых выбирается в соответствии с проектируемой степенью защиты от взлома.



Рис. 7.15.0.2. Конструкция замков для дверей с различной степенью защиты от взлома (система KVF).

Противовзломные замки для входных дверей могут выполняться в однозапорном и многозапорном вариантах. ***Многозапорная система*** предполагает одновременное включение в работу нескольких запорных механизмов по всей высоте двери и обеспечивает самую высокую степень защиты от взлома.

В многозапорном замке, корпуса нескольких замков (центрального и двух дополнительных) располагаются на специальном дверном приводе, состоящем из неподвижной металлической шины и двух тяг (верхней и нижней), располагаемых под ней (рис. 7.15.0.3). Корпус центрального замка неподвижно располагается на металлической шине в центре по высоте двери, а корпуса дополнительных замков, каждый из которых имеет один или два ригеля специальной формы – неподвижно на этой же шине, соответственно выше и ниже центрального замка.

При повороте ручки нажимного гарнитура (или ключа в профильном цилиндре), располагаемого на центральном замке, верхняя тяга приводятся в движение и передает его на нижнюю тягу. Нижняя тяга, в свою очередь, приводит в движение механизмы дополнительных замков. Таким образом, при повороте ключа в центральном замке несколько ригелей, обычно выполняемых из закаленной стали, одновременно запирают дверь в нескольких точках. Усилие при повороте ключа многозапорного замка может быть облегчено за счет мультипликатора, встраиваемого в центральный замок. Так, в системе **KFV** при повороте ключа встроенный мультипликатор облегчает усилие в 10 раз.

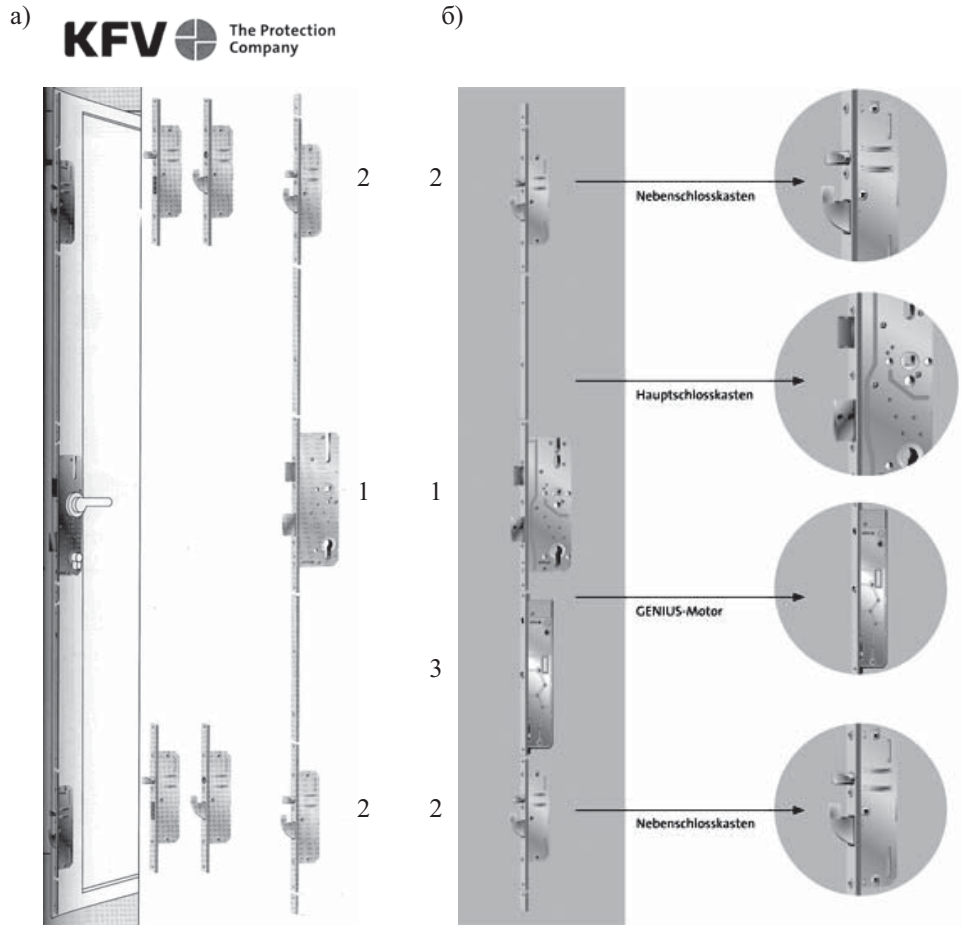


Рис. 7.15.0.3. Конструкция многозапорного дверного замка (KFV AS 2600 EA).
а) с ручным управлением; б) с управляющим электроприводом
1- основной запорный механизм; 2 – дополнительный запорный механизм; 3 – управляющий электропривод (система Genius)

В зависимости от назначения помещения и предъявляемых требований безопасности, многозапорные системы могут дооснащаться дополнительными элементами, а также электроприводами, повышающими комфортность управления дверью и интегрируемыми в общую электронную систему безопасности здания (см. главу 9).

В частности, многозапорные замки KFV могут дооснащаться дополнительным блокиратором приоткрытой двери со стопорной скобой. Этот механизм является более надежной альтернативой традиционной металлической цепочке.

На многозапорные системы KFV может быть установлен специальный электропривод в компактном корпусе (система Genius), закрепляемый на верхней шине (рис. 7.15.0.2), а также устройства «антипаники», встраиваемые в замки, позволяющими открывать дверь изнутри помещения без ключа.

Устройства «антипаники» могут быть также применены с однозапорными системами и интегрироваться в комплексные электронные системы.

ГЛАВА 8. КОНСТРУИРОВАНИЕ И МОНТАЖ ОКОННЫХ БЛОКОВ.

8.1. КОНСТРУИРОВАНИЕ ОКОННЫХ БЛОКОВ.

8.1.1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.

При проектировании систем остекления следует принципиально выделять *два направления – застекление типовых или нестандартных оконных проемов в стенах, где остекление выполняет чисто ограждающую функцию и установка сложных фасадных систем и зимних садов, где оконные профили, кроме того, являются элементом самонесущих и несущих конструкций.*

Технический проект, разрабатываемый на стадии подготовки производства оконного блока или набора модулей фасадной системы, включает в себя несколько стадий.

1 Этап – подготовительный. Цель – постановка задачи изготовителю окон.

- обследование технического состояния строительного объекта и проведение комплекса замеров;
- определение архитектурно-композиционных задач;
- определение требований к микроклимату помещений в зависимости от функционального назначения (требования строительной физики – теплофизика, акустика, естественная освещенность и инсоляция);
- определение требований к режиму вентилирования помещений (количество открывающихся окон, тип открывания, дополнительные вентиляционные приспособления и т.п.);
- определение группы специальных требований (дополнительная солнцезащита, защита от взлома, повышенная ударопрочность и т.п.);
- определение группы статических и динамических нагрузок, действующих на проектируемые светопрозрачные ограждения (ветровая нагрузка, температурные нагрузки, динамические нагрузки и др.).

2 Этап – подготовка производства. *Выбор конструктивных элементов остекления в соответствии с поставленной задачей – профильной системы, стеклопакета, фурнитуры, дополнительных приспособлений (жалюзи, системы вентиляции и т.п.)*

3 Этап – монтаж.

- разработка монтажных узлов примыкания оконных блоков и фасадных систем к непрозрачным участкам наружных стен с учетом возможных температурных деформаций и формируемых температурных полей;
- проработка нестандартных узлов и деталей, не предусмотренных применяемой оконной системой, а также, при необходимости, других сопутствующих общестроительных решений;
- разработка технологического проекта производства работ

Основной целью разрабатываемого технического проекта, таким образом, является привязка оконной системы к конкретным климатическим условиям с учетом специфики существующих ограждающих конструкций и архитектурных традиций.

В предыдущих главах были рассмотрены теоретические предпосылки, проиллюстрированные примерами, относящиеся к первому этапу проектирования, в основном связанному с задачами архитектурной композиции и строительной физики. В данной главе остановимся более подробно на втором и третьем этапах, ориентированных непосредственно на профильные системы.

Базовая часть проектной документации, передаваемой для производства и установки окон, изготавливаемых для определенного строительного объекта, должна включать в себя:

А) Поэтажную экспликацию оконных блоков на планах и (или) фасадах здания (Прил. 2).

Б) Заказную спецификацию оконных блоков, составляемую в соответствии с поэтажной экспликацией.

В) Конструктивные детали, прорабатываемые применительно к нестандартным решениям или обеспечивающие привязку типового проекта.

Размеры оконных блоков и их конструктивные элементы, указываемые в заказной спецификации, должны назначаться строго в рамках технологических требований, определяемых производителями системы оконных профилей и системы фурнитуры.

8.1.2. НАЗНАЧЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ. ВЫБОР СЕЧЕНИЯ ОКОННОГО ПРОФИЛЯ. ПРАВИЛА РАСЧЕТА ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК.

Выбор размеров створок и толщины профиля, а также схемы открывания окна определяется, с одной стороны, архитектурно-композиционными и функциональными требованиями, с другой – условиями работы оконного блока под действием статических нагрузок (ветровой нагрузки, собственного веса остекления и температурных напряжений).

На рис. 8.1.2.1 показан пример общего вида оконного блока, разрабатываемого на первой стадии проектирования. На этой стадии желательно, чтобы архитектором помимо общих толщин, образуемых комбинацией профилей (рама + створка, импост + створки), их материала и цвета, были указаны и желаемые выступы рамы оконного блока за контуры стены, образующей оконный проем (рис. 8.1.2.1в). При этом определяющими будут являться требования общей фасадной композиции, а также сохранения единого архитектурного стиля при замене окон в старом здании. Следует помнить, что ***минимально допустимый выступ профиля рамы (коробки) за край стены, технологически необходимый для установки москитной сетки, должен составлять 30 мм.***

Конструктивно ***назначение размеров оконного блока и выбор схемы его открывания определяется поэлементным статическим расчетом на действие ветровых нагрузок.*** В настоящее время для расчетов элементов ПВХ-окон на ветровую нагрузку применяется методика немецких норм DIN EN 12210 «Прочность системы».

При расчете элементов ПВХ окон на ветровую нагрузку необходимо выделять две задачи:

1) установка ПВХ окон во вновь строящемся (или капитально реконструируемом с полной заменой окон) многоэтажном здании;

2) установка (или замена) окон на одном из этажей многоэтажного здания.

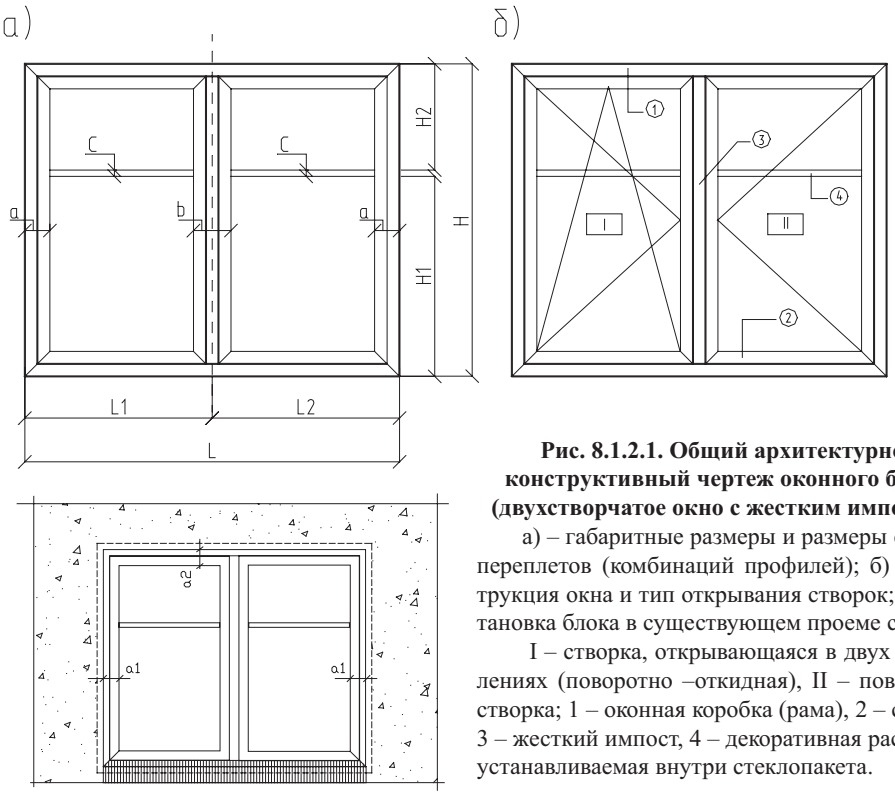


Рис. 8.1.2.1. Общий архитектурно-конструктивный чертеж оконного блока (двухстворчатое окно с жестким импостом)

а) – габаритные размеры и размеры сечений переплетов (комбинаций профилей); б) – конструкция окна и тип открывания створок; в) – установка блока в существующем проеме стены.

I – створка, открывающаяся в двух направлениях (поворотно –откидная), II – поворотная створка; 1 – оконная коробка (рама), 2 – створка, 3 – жесткий импост, 4 – декоративная раскладка, устанавливаемая внутри стеклопакета.

В первом случае расчет на ветровую нагрузку для окон всего здания (начиная с 1-го этажа) производится по наиболее неблагоприятным условиям, т. е. для окон, установленных на последнем этаже. Во втором случае значение ветровой нагрузки принимается для высоты, на которой расположены окна проектируемого этажа.

Статическому расчету на действие ветровых нагрузок подлежат элементы оконного блока, работающие по балочной схеме (рис. 8.12.2) в плоскости, перпендикулярной действию ветровой нагрузки:

- вертикальные импосты;
- горизонтальные импосты (поперечины);
- ложный импост (штульповое соединение);
- вертикальные и горизонтальные соединения рамных элементов.

Допустимые деформации профилей принимаются на основании DIN EN 12210 и ГОСТ 23166-99 «Блоки оконные. Общие технические условия». Согласно указанным документам, допустимая деформация для импоста и поперечного профиля прямоугольно к поверхности окна (по оси X – рис. 8.1.2.2) не может быть более ***1/300 рабочей длины профиля в оконном блоке (L).***

В силу большой разницы жесткостей ПВХ и стали, при расчетах на силовые нагрузки жесткостью ПВХ пренебрегают. ***Расчет ПВХ профилей на действие ветровых нагрузок сводится к выбору их армирования и дальнейшему подбору сечения профиля в зависимости от выбранного армирования (стального усиливающего вкладыша).***

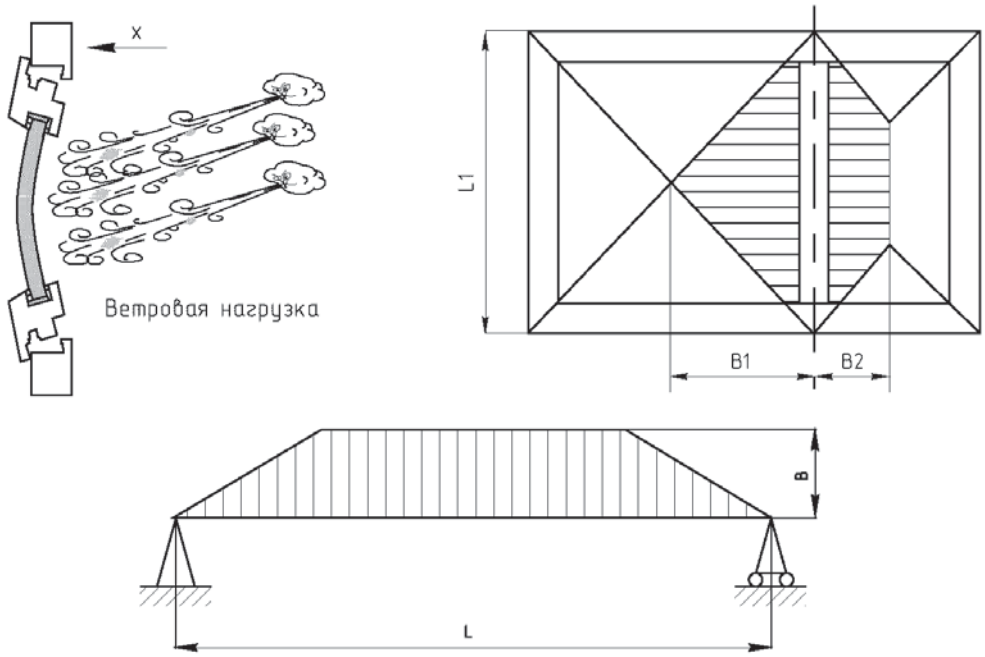


Рис. 8.1.2.2. Схема к статическому расчету элементов оконного блока на действие ветровой нагрузки.

Распределение давления воздушного потока, действующего в качестве равномерно распределенной нагрузки на окно, осуществляется через биссектрису угла в соответствии с рис. 8.1.2.2. При распределении нагрузок под углом 45° в квадрате образуются четыре треугольные площади сбора нагрузки, а в прямоугольнике – две треугольные и две трапециевидные. При этом нагрузка на рассчитываемые элементы приходит с обеих соприкасающихся поверхностей.

Элемент ПВХ окна, рассчитываемый на действие ветровой нагрузки, рассматривается как шарнирно опертая балка на двух опорах, нагруженная равномерно распределенной нагрузкой (см. рис. 8.1.2.2). Вычисление требуемого момента инерции производится по формуле:

$$I_{треб} = \frac{W \cdot L^4 \cdot B\left[25 - 40\left(B/L\right)^2 + 16\left(B/L\right)^4\right]}{1920 \cdot E \cdot f} \qquad (8.1.2.1)$$

где

W – расчетное давление ветра, [Н/мм^2 или Па], принимаемое для России в соответствии со СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия»

B – ширина эпюры нагружения, [см]

L – рабочая длина профиля, [см]

E – модуль упругости, [Н/мм^2 или Па] E=210 000 Н/мм^2 для стали

f – максимально допустимая деформация, [см];

В общем случае f=L/300. Для стеклопакета с периметром стекла более 240 см, f = 0.8 см

1920 = const – постоянная величина

Момент инерции, вычисляемый по формуле (8.1.2.1), ***должен быть определен раздельно для каждой области нагрузки.*** Области нагрузки, расположенные справа и слева, не должны складываться. Моменты инерции рассчитываются отдельно для каждой из составляющих, и только потом суммируются.

8.1.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОГО ЗНАЧЕНИЯ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ.

В соответствии со СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия» ветровую нагрузку, действующую на окна (расчетное ветровое давление), необходимо принимать согласно формуле:

$$W_m = W_0 \cdot k \cdot C \qquad (8.1.3.1)$$

где

$\mathbf{W_m}$ – нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки на высоте ***z*** над поверхностью земли;

$\mathbf{W_0}$ – нормативное значение ветрового давления, принимаемое согласно СНиП 2.01.07-85* (см. табл. 8.1.3.1 и карту Прил.1)

k – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте, принимаемый согласно СНиП 2.01.07-85* (см. табл. 8.1.3.2)

C – аэродинамический коэффициент, учитывающий геометрию здания и принимаемый для вертикальных поверхностей и поверхностей, отклоняющихся от вертикальных не более чем на 150, равным:

C = +0,8 – для наветренного фасада; **C** = – 0,6 – для подветренного фасада.

Табл. 8.1.3.1

Нормативное ветровое давление в зависимости от ветрового района (в соответствии с табл.5 СНиП 2.01.07-85*)

Ветровые районы*	I	Ia	II	III	IV	V	VI	VII
$\mathbf{W_0}$, кПа	0,17	0,23	0,30	0,38	0,48	0,60	0,73	0,85
$\mathbf{W_0}$, Н/мм^2	17	23	30	38	48	60	73	85
* Номера ветровых районов принимаются по карте 3 обязательного приложения 5 СНиП 2.01.07-85*								

Табл. 8.1.3.2

Коэффициент k, учитывающий изменения ветрового давления по высоте Z (в соответствии с табл.6 СНиП 2.01.07-85*)

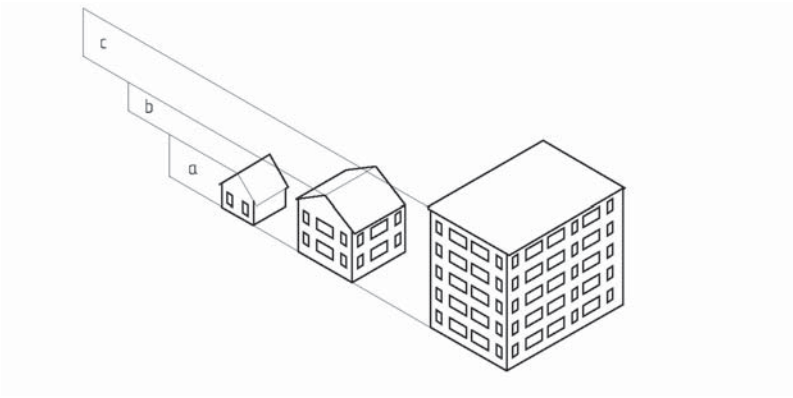
Высота ***z***, м	Коэффициент ***k*** для типов местности*		
	A	**B**	**C**
≤ 5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25

Высота *z*, м	Коэффициент *k* для типов местности*		
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8
250	2,65	2,3	2,0
300	2,75	2,5	2,2
350	2,75	2,75	2,35
≥ 480	2,75	2,75	2,75

*Типы местности:
A — открытые побережья морей, озер и водохранилищ. пустыни, степи, лесостепи, тундра;
B — городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м;
C — городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м.
Сооружение считается расположенным в местности данного типа, если эта местность сохраняется с наветренной стороны сооружения на расстоянии 30h – при высоте сооружения h до 60 м и 2 км – при большей высоте.

Расчетное значение ветрового давления W в формуле (8.1.3.1), принимаемое согласно СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», должно быть обязательно определено при проектировании окон высотных зданий, а также уникальных зданий и сооружений.

Вместе с тем, для большинства объектов могут быть использованы специальные таблицы, разработанные каждым производителем профильных систем применительно к своим технологическим решениям и набору артикулов (Прил.5). Таблицы построены в соответствии с расчетной схемой, показанной на рис. 8.1.2.2 и систематизированы по группам ветровой нагрузки согласно DIN EN 12210 (табл. 8.1.3.3). Как показывают сравнительные расчеты, таблицы, разработанные немецкими производителями профильных систем, применимы к расчету ПВХ окон зданий высотой до 100 м практически для всех ветровых районов России.



Группы зданий по ветровой нагрузке (согласно DIN EN 12210)

Группа нагрузки	Высота здания, м	Расчетное давление ветра, Па
A	**0 – 8**	**200 – 400**
B	**8 – 20**	**600**
C	**20 – 100**	**800 -1000**
D	Свыше 100	

8.1.4. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ОКОННЫХ БЛОКОВ И ЭЛЕМЕНТОВ ФАСАДНОГО ОСТЕКЛЕНИЯ.

ПРИМЕР 1 (ПРИМЕР РАСЧЕТА ПО ФОРМУЛАМ)

Оконный блок с фиксированным (жестким) импостом и поперечиной (поперечным жестким импостом), предназначенный для установки в двухэтажном индивидуальном жилом доме (рис. 8.1.4.1). Высота одного этажа – 3 м. Район строительства – Московская обл.

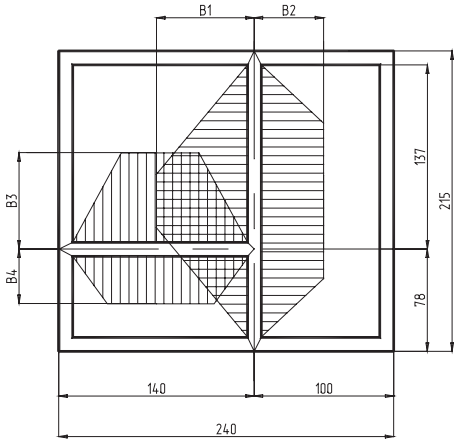


Рис. 8.1.4.1. К статическому расчету элементов оконного блока на действие ветровой нагрузки. Размеры на рисунке даны в сантиметрах.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

А). Расчетное давление ветра.

I. Согласно СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия»:

Номер ветрового района I (карта 3 обязательного приложения 5 СНиП 2.01.07-85*) –
$\mathbf{W_0}$ = 0,23 кПа = 230 Па= 0,00023 Н/ мм 2 (табл.5 СНиП 2.01.07-85*);
K = 1,0 для высоты z = 10 м и местности типа А (открытое пространство);
C = 0,8 для наветренного фасада
$W = W_o \cdot k \cdot C = 0{,}00023 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}8 = 0{,}00018$ Н/мм² = 180 Па

II. Согласно DIN EN 12210

Для здания высотой до 8 м (табл. 8.1.3.3)
W = 0.00020 Н/мм² … 0.00040 Н/мм² = 200…400 Па

Б). Площадь сбора нагрузки.

$\mathbf{B_1}$ = 70 см; $\mathbf{B_2}$ = 50 см; $\mathbf{B_3}$ =68.5 см; $\mathbf{B_4}$ = 39 см

В). Рабочая длина элементов

L (импост) = 215 см
L (поперечина) = 140 см

Г). Модуль упругости стали

E = 210. 000 Н/мм²;

Д). Допустимый прогиб элементов

f = L/300 см

РАСЧЕТ ПО ФОРМУЛЕ

Вертикальный импост

В1:

$$I \cdot \text{треб} = \frac{0,00020 \cdot 215^4 \cdot 70}{1920 \cdot 210000 \cdot 0,7166}\left[25 - 40 - (70/215)^2 + 16(70/215)^4\right] = 2,17 \text{ см}^4$$

В2:

$$I \cdot \text{треб} = \frac{0,00020 \cdot 215^4 \cdot 50}{1920 \cdot 210000 \cdot 0,7166}\left[25 - 40 - (50/215)^2 + 16(50/215)^4\right] = 1,70 \text{ см}^4$$

требуемое значение I x Σ = **3,87 см^4**

Поперечина

В3:

$$I \cdot \text{треб} = \frac{0,00020 \cdot 140^4 \cdot 68,5}{1920 \cdot 210000 \cdot 0,466}\left[25 - 40 - (68,5/140)^2 + 16(68,5/140)^4\right] = 0,46 \text{ см}^4$$

В4:

$$I \cdot \text{треб} = \frac{0,00020 \cdot 140^4 \cdot 39}{1920 \cdot 210000 \cdot 0,466}\left[25 - 40 - (39/140)^2 + 16(39/140)^4\right] = 0,35 \text{ см}^4$$

требуемое значение I x Σ = **0,81 см^4**

На основании вычисленных моментов инерции по каталогам оконной системы подбираются элементы армирования требуемого сечения, а затем ПВХ-профили, в которые это армирование может быть установлено. При этом рассчитанные моменты инерции округляются в большую сторону до соответствующих табличных значений.

При проведении статических расчетов следует особенно помнить, ***что проектируемые размеры окна не должны выходить за ограничения по допустимым максимальным размерам,*** таблица которых разработана каждым производителем профильной системы (Прил. 8).

Следует помнить, что требуемый момент инерции может быть создан соединением нескольких отдельных армирующих профилей. На практике эта задача, как правило, встречается при проектировании витражей большой площади.

При этом, в соответствии с техническими рекомендациями производителей профильных систем, конструктивная схема витража выстраивается за счет добавления в него специальных усиливающих профилей (усилителей). В зависимости от дизайнерских решений, предлагаемых архитектором, а также от специфики монтажных условий для конкретного объекта, могут быть приняты различные варианты установки усиливающих профилей.

ПРИМЕР 2 (ПРИМЕР РАСЧЕТА ПО ТАБЛИЦАМ)

Для здания высотой 15 м предлагаются элементы фасада со следующими характеристиками: ширина 340 см, высота 250 см, подоконная панель, глухое остекление, дверь с глухой фрамугой (рис. 8.1.4.2). Необходимо принять конструктивное решение витража и подобрать усиливающие профили.

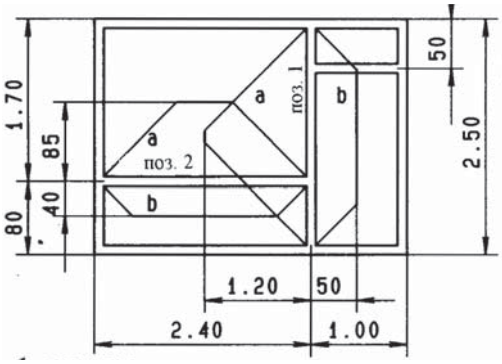


Рис. 8.1.4.2. К статическому расчету элементов фасадного остекления на действие ветровой нагрузки. Размеры на рисунке даны в сантиметрах.

Поз. 1 – импост
Рабочая длина элемента – 2,5 м
ширина нагрузки а=1,20 м Ix треб.=25,3 см 4;
ширина нагрузки Ь=0,50 м Ix треб.=14,8 см 4;
сумма необходимых моментов инерции Ix треб.=40,1 см 4;

Поз. 2 – ригель
Рабочая длина элемента – 2,4 м
ширина нагрузки а=0,85 м Ix треб.=18,4 см 4;
ширина нагрузки Ь=0,40 м Ix треб. =10,3 см 4;
сумма необходимых моментов инерции Ix треб.= 28,7 см 4;

ВОЗМОЖНОЕ РЕШЕНИЕ:

Поз. 1 – импост **Поз. 2 – ригель**

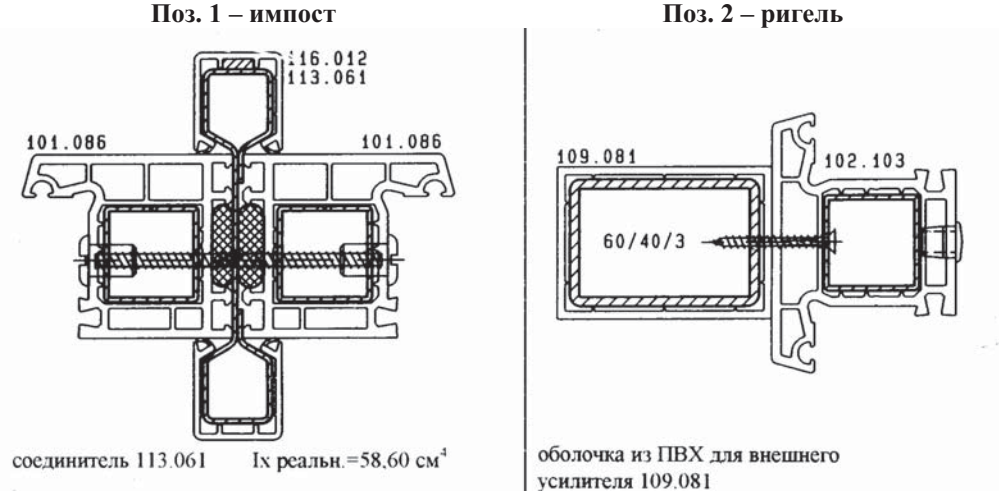


Рис. 8.1.4.3. К статическому расчету элементов фасадного остекления на действие ветровой нагрузки.

Как видно из приведенных расчетов, устойчивость вертикального импоста витража, показанного на рис. 8.1.4.2 (поз.1), по отношению к ветровой нагрузке может быть обеспечена за счет мощного усиливающего профиля (арт. 113 061 системы VEKA Euroline – Прил. 6 – момент инерции Ix = 58.60 см^4), момент инерции которого превышает тре-

буемое значение – Ix треб.=40,1 см^4 (рис. 8.1.4.3). В этом случае армирующие вкладыши рамных профилей, соединяемых усилителем, фактически не принимаются в расчет при действии ветровой нагрузки, а работают в общей схеме витража исключительно как элементы, обеспечивающие жесткость – как конструкции в целом, так и отдельных рам, из которых собирается витраж. Каждая из рам доставляется к месту монтажа отдельно, и в этом случае к каждой из них может быть применен такой термин как ***«отправочный элемент»*** или ***«отправочная марка»*** (рис. 8.1.4.4).

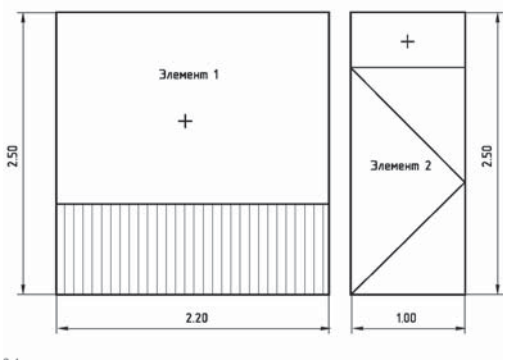


Рис. 8.1.4.4. Технологическое дробление витража на отдельные элементы (отправочные марки) в соответствии с ограничениями по максимальным габаритным размерам (Прил. 8).

Элемент 1: «глухое» остекление с подоконной панелью (стекло или непрозрачное заполнение); элемент 2: одностворчатая дверь с верхней глухой фрамугой.

Необходимый момент инерции горизонтальной поперечины (поз.2 рис. 8.1.4.2) набран в данном случае как сумма моментов инерции армирующего профиля импоста (арт. 113 025 системы VEKA Euroline – Прил. 6 – момент инерции Ix = 2.32 см^4) и усилителя (арт. 113. 011.3 системы VEKA Euroline – прил. 2 – момент инерции Ix = 27.39 см^4). Таким образом суммарный момент инерции составляет Ix = 2.32 см^4 + 27.39 см^4 = 29.71 см^4, что превышает требуемый Ix треб.= 28,7 см^4; а армирующий профиль импоста и усилитель, прикручиваемый саморезом, в данном случае работают совместно.

Следует отметить, что принятая в данном случае конструкция витража предполагает деление его по вертикали на две отправочные марки – рамы, размером 2.4 • 2.5 м и 1.0 • 2.5 м, что удобно для транспортировки и монтажа.

Конструктивное решение витража, описанное выше в примере 2, несомненно представляется удобным с точки зрения унификации производства и технологии монтажа конструкций. Однако следует отметить, что элементы дробления остекления, образуемые спаренными рамными профилями, достаточно часто вызывают критику со стороны архитекторов, стремящихся к зрительной легкости и изяществу конструкции. Как показывает опыт, эта причина является серьезным препятствием для применения оконных конструкций из ПВХ на многих строительных объектах.

Кроме того, как показывает опыт установки и эксплуатации витражей из ПВХ-профилей в российских условиях, такая схема оправдывает себя только при решении достаточно узкого спектра задач, – таких как застекление небольших витрин, балконов и перегородок, устанавливаемых внутри помещения.

В более сложных случаях – при остеклении даже небольших по площади стен зимних садов, павильонов или фасадов, т.е. там где ***непосредственно требуется пространственная жесткость конструкции,*** такой подход, как правило, обнаруживает свою несостоятельность, поскольку отдельно прикрепляемые к профилям и не соединенные между собой усилители не в состоянии обеспечить работу витража из плоскости. При этом армирование отдельных отправочных элементов – рам, как известно, также не соединяется между собой в углах (рис. 8.1.4.5).

В результате подверженность ПВХ значительным температурным деформациям приводит к тому, что отдельные рамы, соединенные усилителями, выгибаются в углах. При этом сами углы, не имеющие армирования, являются многочисленными пластическими шарнирами – слабым местом даже и по отношению к ветровой нагрузке.

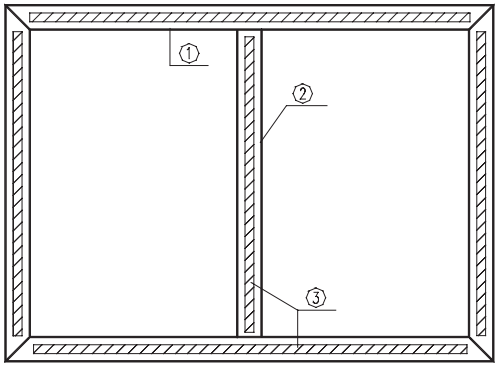


Рис. 8.1.4.5. Схема армирования металлопластиковой оконной рамы 1 – профиль рамы, 2 – жесткий импост, 3 – армирующие профили

В настоящее время уже немало российских фирм заменяют схему, описанную выше, на комбинацию ПВХ-профилей со сварным жестким металлическим каркасом, воспринимающем все статические нагрузки. Каркас из прямоугольных труб, повторяющий заданное дробление витража импостами, сваривается и устанавливается непосредственно на стройплощадке, после чего на нем закрепляются рамы из ПВХ, или их отдельные элементы, изготовленные в заводских условиях.

Такое решение, безусловно, более неудобно с точки зрения технологии, однако при этом оно позволяет значительно расширить возможности ПВХ –профилей с точки зрения применения в витражных конструкциях различного типа и конфигурации. Примером такого решения может служить фасад индивидуального жилого дома, показанный на рис. 8.1.4.6, остекление которого имеет отрицательный угол наклона.

Профили импоста, закрепленные на жесткой несущей раме (а не спаренные профили рам в традиционном решении), придают остеклению зрительную легкость, а ламинирование под дерево позволяет конструкции из ПВХ хорошо гармонировать с фасадом дома из оцилиндрованных бревен.



Рис. 8.1.4.6. Остекление фасада индивидуального жилого дома в Московской обл. с отрицательным углом наклона. Профильная система VEKA Euroline AD.

8.2. МОНТАЖ ОКОННЫХ БЛОКОВ.

При установке оконных блоков в стенах гражданских зданий, должны быть соблюдены следующие основные требования:

1. Обеспечение надежного закрепления оконного блока в стене. При этом необходимо учесть его возможные температурные деформации.
2. Обеспечение необходимого температурно-влажностного режима в месте примыкания оконной коробки (рамы) к стене. При этом оконный блок должен быть установлен таким образом, чтобы избежать промерзания оконных откосов и непосредственно профиля рамы, ведущего к выпадению на них конденсата в расчетный зимний период.
3. Монтажные швы, образуемые по всему периметру примыкания оконной коробки к стене, должны быть:

• плотными и герметичными;
• иметь низкую теплопроводность и высокую долговечность;
• воспринимать температурные растяжения-сжатия оконного блока, при этом не теряя своей герметичности;
• обладать достаточной устойчивостью к воздействию парообразной и капиллярной влаги.

На основании перечисленных требований, архитектурных условий и конструктивных особенностей оконного проема разрабатываются ***рабочие чертежи на установку оконных блоков, включающие в себя набор характерных сечений и детальную проработку узлов примыкания к наружным стенам.***

Оконные конструкции из ПВХ являются наиболее сложными с точки зрения монтажа за счет значительных температурных деформаций. Этот важнейший фактор является определяющим как для специфики их закрепления в проемах наружных стен, так и для заполнения монтажных швов. Каждый из этих аспектов имеет смысл рассмотреть более подробно.

8.2.1. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ОКОННЫХ БЛОКАХ ИЗ ПВХ. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ОКОННЫХ БЛОКОВ В НАРУЖНЫХ СТЕНАХ.

С целью уменьшения изгибающего момента от действия температурных напряжений, описанных в разделе 2.2.3, для окон из ПВХ принимается схема закрепления по периметру с шагом, не превышающим 700 мм между точками закрепления для белых профилей, и 600 мм – для профилей, окрашенных в массе (рис.8.2.1.1). Таким образом, ***определяющим фактором для выбора расчетной схемы в данном случае является не ветровая нагрузка, а более значительные по величине температурные напряжения.***

При нарушении расчетной схемы (уменьшении требуемого количества точек крепления), температурные деформации рамных элементов окна становятся необратимыми и проявляются практически сразу же после его установки (рис.8.2.1.2). В этом случае окно становится неремонтопригодным и подлежит замене.

Крепежные элементы, используемые для монтажа окна должны обеспечивать возможность его свободной подвижки в монтажной плоскости проема при расширении-сжатии за счет нагрева-охлаждения; и одновременно препятствовать выгибу рамных элементов из плоскости.

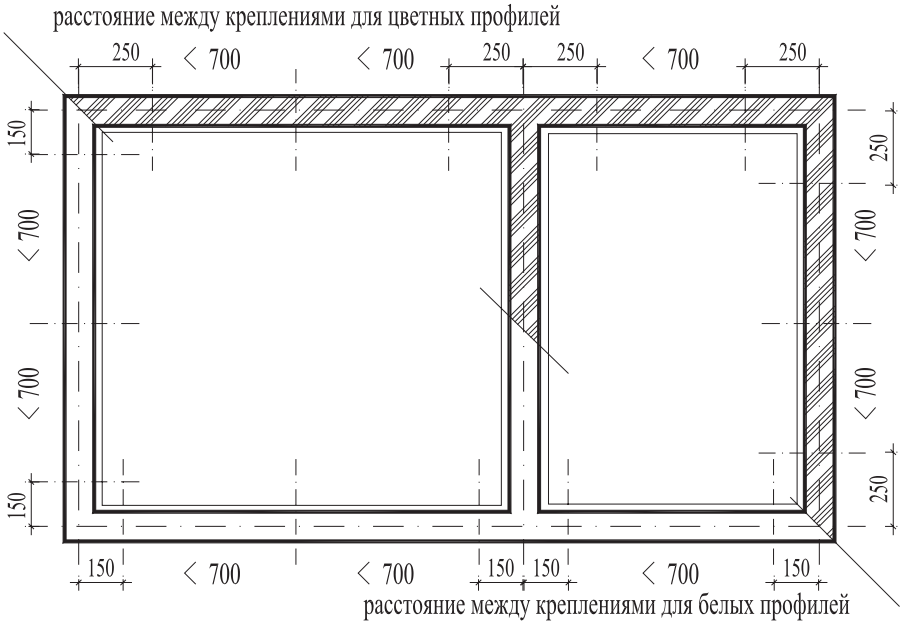


Рис.8.2.1.1. Схема закрепления окна из ПВХ в наружной стене.



Рис.8.2.1.2. Депланация рамных и створочных элементов окон из ПВХ, вызванная воздействием разницы температур внутреннего и наружного воздуха. Изгибающие усилия от незакрепленной рамы передаются на створку окна (на фотографии виден изгиб профилей створок).

Для монтажа окон используют специальные монтажные пластины или дюбели (рис. 8.2.1.3).

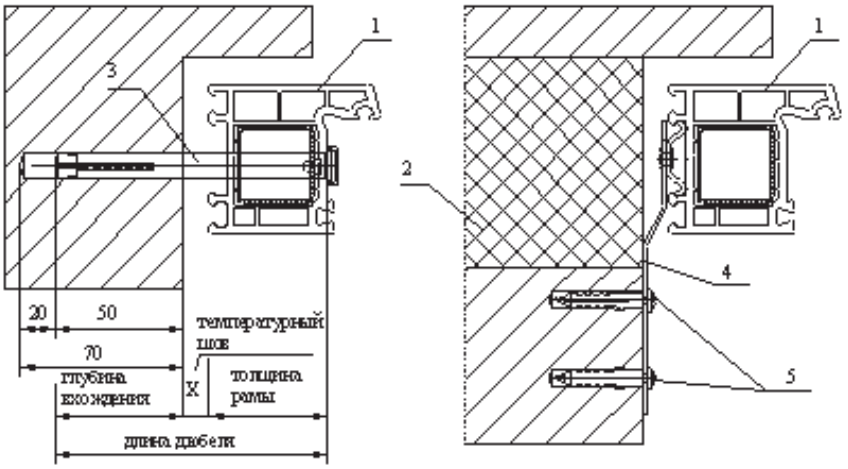


Рис. 8.2.1.3. Закрепление окна из ПВХ в наружных стенах различной конструкции.
а) сплошная кирпичная стена; б) кирпичная стена с пористым эффективным утеплителем.
1 – оконная рама, 2 – утеплитель в стене, 3 – дюбель, 4 – монтажная пластина, 5 – анкер.

Как дюбель, так и монтажная пластина обеспечивают возможность свободной подвижки оконного блока при его нагревании-охлаждении, вызванном изменением температур наружного воздуха. При нагревании оконного блока и, соответственно, увеличении его размеров в большую сторону, *монтажная пластина* (поз. 4 рис. 8.2.1.3) изгибается, а закрепленные в стене *анкеры* (поз.5 рис. 8.2.1.3) работают на выдергивание.

Дюбель (поз. 3 рис. 8.2.1.3) работает на выдергивание при охлаждении окна, сопровождающемся уменьшением его размеров. При этом обеспечивается возможность свободной подвижки оконного блока при его температурном расширении вдоль собственной оси дюбеля.

Выбор типа крепления определяется конструкцией примыкающего участка стены. Анкерные пластины позволяют более гибко адаптироваться к конструкциям различных видов наружных стен. При наличии в стене слоя эффективного утеплителя анкерные пластины крепят к внутреннему слою стены. Вместе с тем применение анкерных пластин не рекомендуется при заполнении оконных проемов в стенах, полностью выполненных из эффективных каменных материалов (пенобетона, многощелевого кирпича или керамического камня). В этих случаях оконный блок рекомендуется закреплять на дюбелях.

Определенные проблемы существуют при применении дюбелей для крепления нижней части окна. В этом случае возникает вероятность попадания атмосферной воды в основную камеру ПВХ профиля, (что может вызвать коррозию армирующего вкладыша) и далее – в монтажный шов и стену. Для предотвращения перечисленных негативных явлений в нижней части оконную коробку рекомендуют закреплять с помощью анкерных пластин. В случае, если это является невозможным по конструктивным причинам (геометрия оконного проема, эффективный стеновой материал и др.), отверстия для крепежных дюбелей после их установки в нижней части проема закрываются декоративными заглушками и тщательно герметизируются при помощи силиконового герметика на нейтральной основе.

8.2.2. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В УЗЛЕ ПРИМЫКАНИЯ ОКНА К НАРУЖНОЙ СТЕНЕ.

При позиционировании окна по глубине проема необходимо учитывать особенности температурного режима в месте его примыкания к наружной стене.

Конструкция остекления обладает термическим сопротивлением в 2-3 раза более низким по сравнению с глухими участками наружных стен. В местах устройства световых проемов, таким образом, происходит ослабление общего термического сопротивления наружной оболочки здания, что сопровождается формированием характерных температурных полей у оконных откосов.

На рис. 8.2.2.1 показано температурное поле, формируемое в наружной стене жилого дома из однослойных керамзитобетонных панелей, полученное в результате расчета по программе «ТЕМР-1», разработанной на кафедре Архитектуры МГСУ. Наружная температура принята равной температуре наиболее холодной пятидневки для Москвы **tн = – 28 ºС**, внутренняя температура в соответствии с МГСН 2.01.94 принята равной **tв = 20 ºС.**

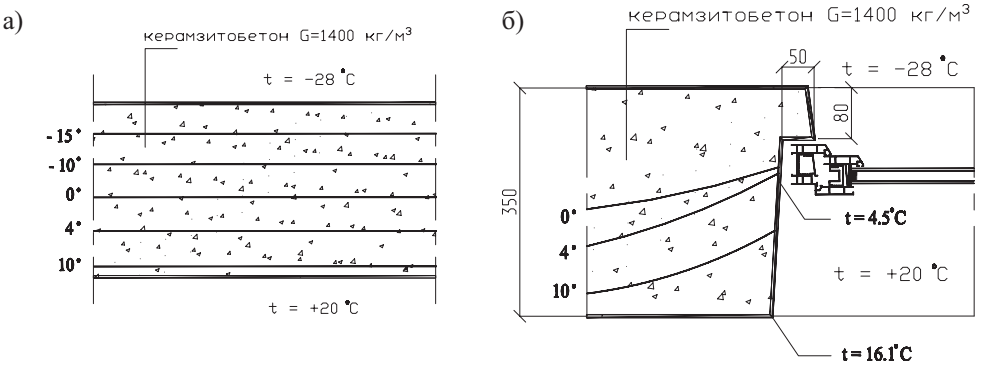


Рис. 8.2.2.1. Температурное поле в наружной стене из однослойных керамзитобетонных панелей а) на сплошном протяженном участке; б) в узле примыкания окна

На сплошном протяженном участке конструкция наружной стены является теплофизически однородной (см. рис. 8.2.2.1а). Изотермы в ней расположены параллельно поверхности стены, а тепловой поток направлен перпендикулярно изотермам изнутри помещения наружу. В месте установки окна в температурном режиме конструкции начинают сказываться одновременно два негативных фактора. С одной стороны, резко падает непосредственно термическое сопротивление ограждения, с другой, – появляются дополнительные потери тепла через откос. Температурное поле в узле примыкания окна (ширина оконной коробки 60 мм, термическое сопротивление пакета профилей $R = 0.5$ м² ºС/Вт) показано на рисунке (см рис. 8.2.2.1б).

По мере приближения к окну, параллельные изотермы изгибаются в сторону наружной поверхности, так что оконный откос оказывается почти полностью в холодной зоне. Температура в месте примыкания оконной коробки к стене при этом находится значительно ниже точки росы, что в свою очередь, приводит к выпадению в этом месте обильного конденсата по всей высоте окна.

При совместном рассмотрении рисунков отметим, что *установка окна в данном случае уже изначально была произведена в зоне отрицательных температур.*

На рис. 8.2.2.2 показано температурное поле при условии передвижения окна в сторону помещения, и соответственно, в теплую зону стены. Здесь представлен так называемый вариант *наружного утепления узла примыкания.* В этом случае откос обогревается теплым воздухом помещения, а утеплитель препятствует утечке этого тепла наружу. Тепло получает возможность как бы «локально аккумулироваться» в толще стены вблизи узла примыкания окна. Верхний и нижний рисунок иллюстрируют влияние толщины эффективного утеплителя на температуры откоса в месте установки коробки и на углу. Из рисунка видно, что развитие утепленной зоны вглубь стены препятствует теплопотерям через плоскость откоса и приводит к повышению его температур. Наиболее благоприятная ситуация складывается при условии установки окна в трехслойной панели, т.е в том случае, когда даже максимально возможное конструктивно смещение его в сторону улицы не приводит к попаданию коробки в зону отрицательных температур и к переохлаждению откоса как показано на рис. 8.2.2.3.

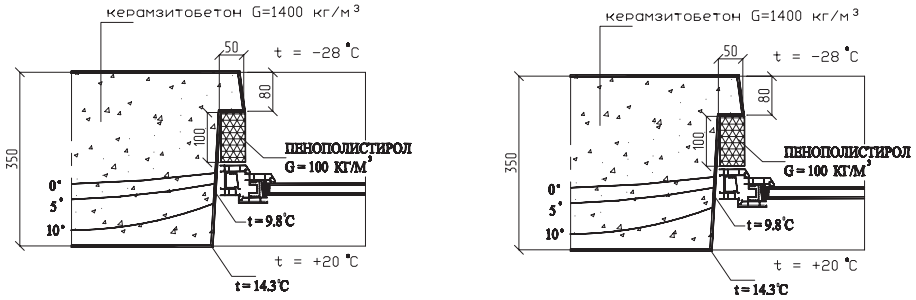


Рис. 8.2.2.2. Температурное поле в узле примыкания окна к стене из однослойных керамзитобетонных панелей с дополнительно утепленной четвертью.

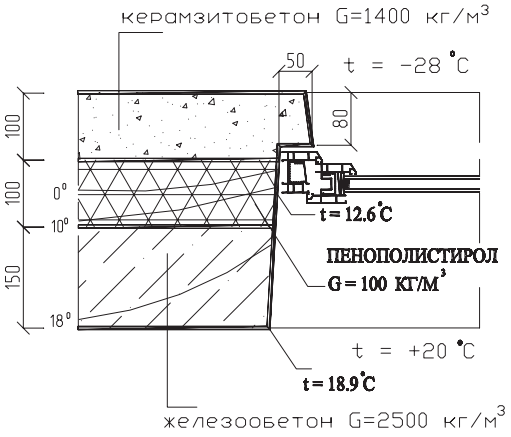


Рис. 8.2.2.3. Температурное поле в узле примыкания окна к стене из трехслойных панелей

На рис. 8.2.2.4 показан вариант внутреннего утепления оконного откоса стены из однослойных керамзитобетонных панелей. Такой вариант представляется наиболее простым и технологичным с точки зрения исполнения, однако не дает ощутимого теплотехнического эффекта. Окно при этом остается в области отрицательных температур стены, а расположенный изнутри утеплитель препятствует обогреву откоса теплым воздухом помещения. Кроме того, в этом случае поступающая из помещения влага будет конденсироваться в плоскости соприкосновения пористого утеплителя с более плотным бетоном, что приведет к постепенному накоплению влаги в утеплителе и, соответственно, к потере его теплозащитных качеств.

Таким образом, исходя из закономерностей формирования температурных полей, установка окна должна производиться в теплой зоне наружного ограждения, для того, чтобы избежать промерзания оконных откосов. В зависимости от расположения утеплителя в стене или от принятого способа дополнительного утепления откоса, оконная коробка может непосредственно примыкать как к твердому материалу – кирпичу, бетону и т.п., так и к легкому пористому утеплителю. Соответственно, этот фактор, наряду с прочими, должен быть учтен при выборе типа крепежных элементов.

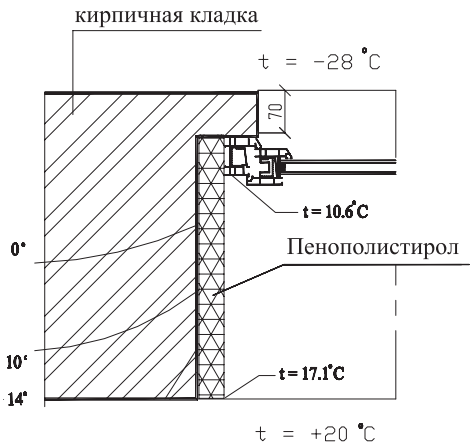


Рис. 8.2.2.4. Температурное поле в узле примыкания окна к стене из однослойных керамзитобетонных панелей с оконным откосом, дополнительно утепленным изнутри.

8.2.3. ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА МОНТАЖНЫХ ШВОВ.

НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ

В месте примыкания окна к непрозрачным участкам наружных стен по всему периметру образуются монтажные швы, подвергающиеся в процессе эксплуатации силовым нагрузкам и разнообразным воздействиям внутренней и наружной среды (рис. 8.2.3.1).

Монтажные швы воспринимают усилия растяжения-сжатия, возникающие при температурном расширении-сжатии рамы. На них воздействуют атмосферная влага, ветер, солнечная радиация, а также перепады температур внутреннего и наружного воздуха. Через монтажные швы осуществляется диффузия парообразной влаги изнутри помещения наружу. Кроме того, через неплотности в местах примыкания оконных блоков к стенам, в помещение может проникать уличный шум.

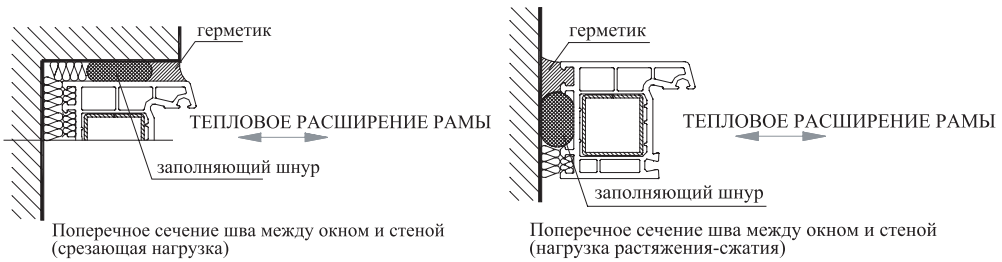


Рис. 8.2.3.1. Нагрузки и воздействия на монтажный шов, образуемый в месте примыкания оконного блока к непрозрачным участкам наружных стен

В соответствии с характером воспринимаемых воздействий может быть определен комплекс требований к монтажным швам, сформулированный в виде следующих основных положений.

Монтажный шов в месте примыкания оконной коробки к стене должен:

- обеспечивать свободное температурное расширение оконного блока при повышении температуры наружного воздуха;
- быть плотным, герметичным, воздухонепроницаемым;
- обладать устойчивостью к воздействию атмосферной влаги;
- обладать необходимыми теплозащитными качествами (термическим сопротивлением), достаточными для того, чтобы исключить локальное промерзание ограждающей конструкции по монтажному шву;
- обладать достаточной долговечностью и сохранять стабильность своих свойств на протяжении всего расчетного периода эксплуатации окна;
- иметь хорошую сопротивляемость к воздействию водяного пара, идущего в холодный период изнутри помещения наружу.

НАЗНАЧЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ШВА

Толщина шва назначается, исходя из условия возможного удлинения элементов оконного блока при нагревании летом за счет воздействия солнечной радиации.

В технических каталогах немецких производителей профильных систем приводится таблица, отражающая зависимость ширины монтажных швов от длины элемента оконной рамы, приводимая в технических каталогах производителей профильных систем (табл. 8.2.3.1).

Табл.8.2.3.1

Минимальная ширина соединительных швов (b)

Материал профиля	Минимальная ширина шва при длине элементов						
	до 1.5 м	до 2.5 м	до 3.5 м	до 4.5 м	до 2.5 м	до 3.5 м	до 4.5 м
Минимальная ширина шва (b) при герметизации с применением силикона							
твердый ПВХ (белый)	10 мм	15 мм	20 мм	25 мм	10 мм	10 мм	15 мм
твердый ПВХ (цветной)	15 мм	20 мм	25 мм	30 мм	10 мм	15 мм	20 мм
Минимальная ширина шва (b) при герметизации с применением уплотнительной ленты							
твердый ПВХ (белый)	8 мм	8 мм	10 мм	10 мм	8 мм	8 мм	8 мм
твердый ПВХ (цветной)	8 мм	10 мм	10 мм	12 мм	8 мм	8 мм	8 мм

Если провести определенные сравнительные расчеты, то мы можем увидеть возможность использования немецких данных применительно к российским климатическим условиям.

Расчетное изменение размера элемента оконной коробки (рамы) **ΔL** в направлении, перпендикулярном проектируемому шву, может быть определено по формуле:

$$\Delta L = k \cdot \Delta T \cdot l \qquad (8.2.3.1)$$

где:

l – размер элемента оконной коробки в направлении, перпендикулярном проектируемому шву, мм;

k – коэффициент температурного расширения материала профиля оконной рамы, принимаемый равным $42 \cdot 10^{-6}$ 1/ºС для белых ПВХ профилей, армированных стальным вкладышем (см. раздел 2.2.3).

ΔT – температурный интервал, вызывающий максимально возможное для данного климатического района изменение размера оконной рамы, определяемый как:

$\mathbf{\Delta T = t_{max} - (t_{min})}$ (8.2.3.2)

где:

$\mathbf{t_{min}}$ – абсолютно минимальная температура воздуха для данного климатического района, определяемая по табл. 1 и табл. 2 СНиП 23-01-99 «Строительная климатология»

$\mathbf{t_{max}}$ – максимально возможная в эксплуатационных условиях температура нагрева поверхности профиля коробки (рамы) за счет неблагоприятного сочетания высокой температуры наружного воздуха и направленного воздействия солнечной радиации.

Соответственно температурное расширение оконного блока шириной 150 мм, в условиях г.Москвы при изменении его температуры на 100 ºС по отношению к абсолютно минимальной tmin = -43 0С (т.е. при нагревании до +57 ºС) составит

$\mathbf{\Delta T = t_{max} - (t_{min}) = 57 - (-43) = 100\ ºC}$

$\mathbf{\Delta L = k \cdot \Delta T \cdot l = 42 \cdot 10^{-6} \cdot 100 \cdot 1500 = 6{,}3\ мм}$

Таким образом, для осуществления свободной подвижки оконного блока из ПВХ белого цвета необходимо иметь расстояние до стены в 3 мм с каждой из сторон. Если сопоставить эту величину с табл. 8.2.3.1, то можно увидеть, что табличные данные приведены с ощутимым запасом и, соответственно, могут быть использованы в реальном проектировании.

ЗАПОЛНЯЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И СИСТЕМЫ ГЕРМЕТИЗАЦИИ.

Очевидно, что сложные условия работы монтажного шва не позволяют удовлетворить весь набор предъявляемых к нему требований при использовании какого-либо одного уплотнительного материала. Поэтому для обеспечения надежного уплотнения в месте примыкания окна к стене необходимо применять ***комплекс материалов, в совокупности образующих определенную систему.***

Шов должен включать в себя:

1. Низкотеплопроводный податливый материал с низким модулем упругости, легко сжимаемый и возвращающийся в прежнее положение с малыми остаточными деформациями. Уплотнительные шнуры и специальные ленты (так называемые предварительно сжатые уплотнительные ленты – ПСУЛ), выполненные из материала с такими характеристиками и прокладываемые между стеной и окном, не препятствуют свободному температурному расширению оконного блока при нагревании, а при охлаждении принимают исходную форму, сохраняя таким образом теплозащитные свойства шва.

2. Утеплитель, заполняющий пустоты, не попадающие в зону воздействия температурных напряжений растяжения-сжатия. Наиболее применяемым подобным утеплителем в настоящее время является саморасширяющийся полиуретановый герметик, – монтажная пена.
3. Уплотнительный влагонепроницаемый материал, защищающий шов от воздействия водяного пара, идущего из помещения, и от попадания атмосферной влаги. В качестве такого материала, как правило, применяются герметизирующие мастики или специальные уплотнительные ленты.

Несмотря на то, что в последнее время в России появилось относительно много разработок в области монтажа окон, мы все же пока не имеем единого мнения по поводу эффективности той или иной из них. В практике монтажа, применяемой российскими фирмами, можно встретить самые разнообразные подходы.

Наиболее широко известной считается ***система трехслойной изоляции*** монтажного шва (рис. 8.2.3.2), в основе которой лежит принцип постоянного поддержания утепляющего слоя в сухом состоянии.

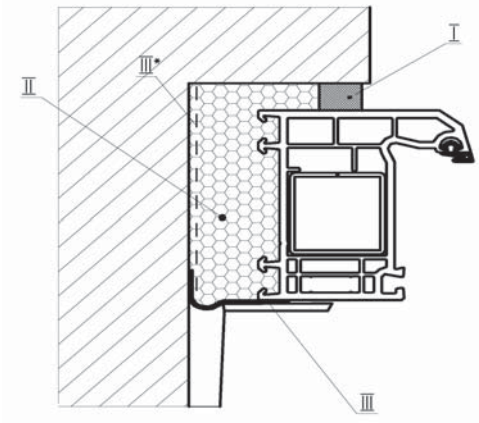


Рис. 8.2.3.2. Принципиальная схема монтажного шва с системой 3-х слойной изоляции.

I – наружный водоизоляционный паропроницаемый слой;

II – центральный теплоизоляционный слой;

III – внутренний пароизоляционный слой;

III* – дополнительный гидроизоляционный слой (от технологической и эксплуатационной влаги).

Предполагается, что даже при очень хорошо продуманном уплотнении, за счет существенной разницы парциальных давлений водяного пара, содержащегося во внутреннем и наружном воздухе, некоторая доля парообразной влаги все равно будет проникать в толщу шва. По мере приближения к наружной поверхности, разница давлений между влагой, находящейся в шве и наружном воздухе, будет постепенно выравниваться. Если наружный контур шва сделать таким же плотным, как и внутренний, влага будет постепенно накапливаться в шве, что приведет к потере его теплозащитных качеств. Система трехслойной изоляции позволяет реализовать конструктивный принцип – «изнутри плотнее, чем снаружи».

С точки зрения долговечности шва этот принцип можно считать достаточно эффективным, поскольку полиуретановая пена, уложенная в шве, является утепляющим материалом, проявляющим *двойную чувствительность к воздействию влаги.* С одной стороны – как непосредственно пористый материал, хорошо абсорбирующий влагу, что характерно практически для всех утеплителей (за исключением экструдированного пенополистирола (марки Styrodur и др.), имеющего мелкие замкнутые поры. С другой стороны – как материал незамедлительно вступающий в химическую реакцию при соприкосновении с влагой.

За счет химической реакции с влагой, содержащейся в воздухе или на обрабатываемых поверхностях происходит затвердевание пены при выходе из баллона. После затвердевания пена представляет из себя однородную ячеистую пластмассу, в ячейках которой находится воздух.

Работы с пеной, как правило, производятся при температурах от + 5 ºС до +35 ºС. При температурах ниже 0 ºС в воздухе содержится недостаточно влаги, и вулканизация пены не происходит. Оптимальная температура нанесения +15 – +20 ºС. Эксплуатация затвердевшего герметика возможна в интервале температур от – 40 ºС до + 100 ºС.

Для хорошей и качественной монтажной пены характерны:

– широкий интервал рабочих температур, при которых возможно ее нанесение;
– пористость, равномерно распределенная по объему в застывшем состоянии, что можно сразу же увидеть, сделав срез застывшей пены ножом, а при использовании так называемой «профессиональной» пены, наносимой при помощи монтажного пистолета, возможно регулирование объема пор;
– стабильность свойств и объема при изменении температуры и влажности окружающей среды.

Затвердевшая пена имеет малый объемный вес g = 20-25кг/м^3 и обладает низким коэффициентом теплопроводности k = 0.036 Вт/м К. Обладает малой прочностью на растяжение-сжатие – порядка 1.5 МПа (для сравнения эта величина для твердого ПВХ составляет 80-90 МПа). Затвердевшая пена – хрупкий и малопластичный материал. Она выдерживает лишь около 10% изменения толщины шва, после чего происходит разрушение ячеистой структуры.

После разрушения ячеек, пена начинает интенсивно впитывать влагу и выкрашиваться, что сопровождается, соответственно намоканием и продуванием монтажного шва. Как показывает опыт экспертных оценок, именно эти два фактора в основном определяют неудовлетворительное состояние монтажных швов в процессе эксплуатации.

Поскольку в реальных эксплуатационных условиях частичное разрушение ячеистой структуры пены практически неизбежно за счет температурного расширения-сжатия оконного блока, возникает объективная необходимость хорошей защиты пены, содержащаяся в монтажном шве, от воздействия всех видов влаги: атмосферной, парообразной, идущей изнутри помещения наружу, а также от капиллярной технологической и эксплуатационной влаги, находящейся в стене.

Именно этот принцип реализуется в системе трехслойной изоляции, показанной на рис. 8.2.3.2. В качестве внутренней защиты пены применяются герметизирующие ленты на основе бутилового каучука.

Для наружного слоя чаще всего используются ***ленты мембранного типа*** – пропускающие молекулы парообразной влаги, но не пропускающие атмосферную влагу. Паропроницаемые мембранные ленты выпускаются двух типов: 1) обычные на тканевой основе, как правило, наклеиваемые с наружной стороны оконного блока под водоотливом; и 2) паропроницаемые саморасширяющиеся уплотнительные ленты (ПСУЛ), изготовленные из эластичного пенополиуретана и пропитанные специальным составом, наклеиваемые на наружную поверхность оконного блока по контуру перед закреплением окна в проеме.

Ленты ПСУЛ имеют липкий клеевой монтажный слой. Поставляются в рулонах с наклеенной защитной лентой. При снятии защитной ленты и наклейке на рабочую поверхность лента расширяется до эксплуатационных размеров, заполняя полости и пустоты, имеющиеся в стыке.

Ленты типа ПСУЛ, установленные между оконной рамой и стеновым проемом с внешней стороны монтажного узла, расширяясь и сжимаясь под действием силовых деформационных нагрузок по «принципу сжатой пружины», препятствуют проникновению дождевой влаги и защищают утепляющий слой от УФ солнечного излучения.

В комплексной системе изоляции шва наружная и внутренняя ленты работают совместно и выполняют функцию «силового элемента», воспринимающего усилия растяжения-сжатия. Хорошая адгезия к поверхности стены, необходимая для осуществления этих функций, создается за счет обработки поверхности проема специальным праймером, одновременно обеспечивающим защиту пены от воздействия капиллярной влаги, содержащейся в стене.

Как показывает опыт монтажа окон на строительных объектах России, система трехслойной изоляции с применением лент не всегда оказывается удобной с точки зрения производства работ, особенно в зимних условиях и при наличии неровностей и пылевого слоя в стеновом материале (пенобетон, кирпичная кладка). В этом случае в качестве внутреннего слоя могут быть применены мастики на основе бутил-каучука, а в качестве наружного – паропроницаемые силиконовые герметики*.

- **Силиконовые герметики** – резиноподобные однородные материалы белого, серого или розового оттенка. Предназначены для герметизации швов в оконных и других конструкциях, подверженных воздействию влаги. Поставляются в тубах по 310 мм. Вулканизируются на воздухе при выдавливании из тубы монтажным пистолетом. В оконных конструкциях необходимо применение так называемых «нейтральных силиконов», для которых побочным продуктом вулканизации не является уксусная кислота («кислотные силиконы»), создающая локальное микро-разрушение каменных конструкций.
  Температура нанесения силиконов от -10 °С до +40 °С, температура эксплуатации от –50 °С до +150 °С. Силиконы очень пластичны. Их относительное удлинение при разрыве колеблется в пределах 100 – 250% в зависимости от типа силикона. Силиконы обладают низким пределом прочности при растяжении – порядка 0.5 МПа, при этом остаточные деформации составляют от 5 до 20%. Плотность силиконов составляет 1000 – 1500 кг/м^3.

Российскими фирмами часто, вместе с пеной, в центральном слое шва применяется уплотнительный шнур из вспененного полиэтилена, наиболее известный в России под маркой «Вилатерм» и выпускаемый диаметром 8, 12, 20, 30, 40 и 50 мм. Кроме окон, «Вилатерм» применяется для герметизации стыков крупнопанельных зданий; имеет малый объемный вес g = 35-50 кг/м^3 и низкий коэффициент теплопроводности k = 0.03 – 0.04 Вт/м К . Относительная остаточная деформации при сжатии на 25% составляет 10%, при сжатии на 50% соответственно 20%.

Как уже отмечалось, в настоящее время на отечественном рынке представлен достаточно широкий ассортимент материалов для монтажа окон. Наиболее известным зарубежным поставщиком системы трехслойной изоляции является немецкое предприятие «Tremko-Illbruck»; аналогичные системные решения можно встретить у немецкого предприятия «Hanno». Наиболее проработанным российским аналогом этих систем является система завода «Фили-кровля» («Герлен-Ресурс») на базе лент «Герлен», много лет применявшихся в стыках крупнопанельных зданий.

Система герметизации с использованием бутиловой мастики «Бутизол-МОК» и паропроницаемого силиконового герметика «Паросил» разработана отечественным предприятием ФГУПВНИПИИстромсырье.

На рисунках 8.2.3.3. – 8.2.3.5. показаны сечения оконных блоков, установленных в стенах различной конструкции. На иллюстрациях приведены примеры применения системы трехслойной изоляции, а также различные варианты использования крепежных элементов, отделки откосов и специальных реставрационных профилей.

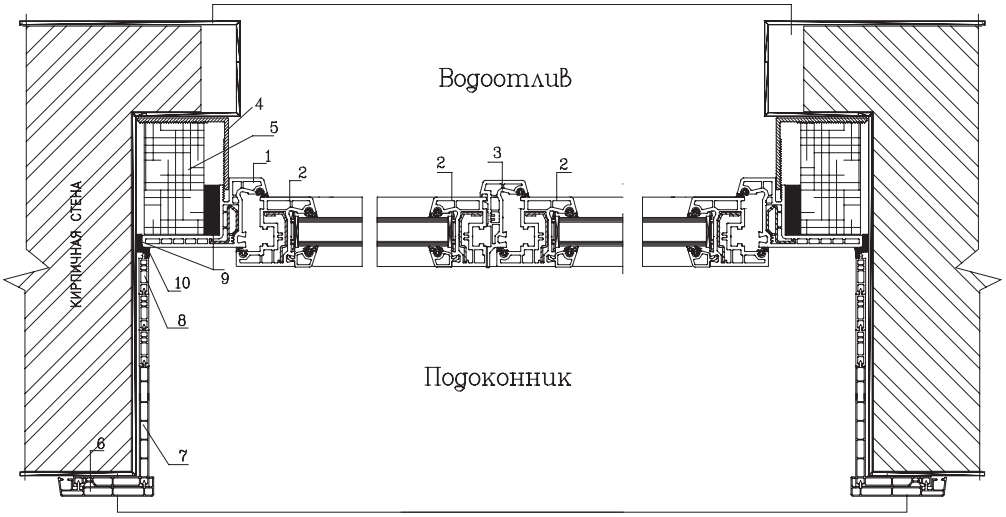


Рис. 8.2.3.3. Установка окна с реставрационным профилем из ПВХ в кирпичной стене (система – Veka Euroline). Двухстворчатое распашное окно с ложным импостом (безимпостное) и Горизонтальный разрез.

1 – реставрационный профиль, 2 – профиль створки, 3 – ложный импост (штульповый профиль), 4 – крепежный профиль, 5 – деревянная коробка старого окна, 6, 7, 8 – облицовочные профили, 9 – предварительно сжатая уплотнительная лента (ПСУЛ), 10 – силикон

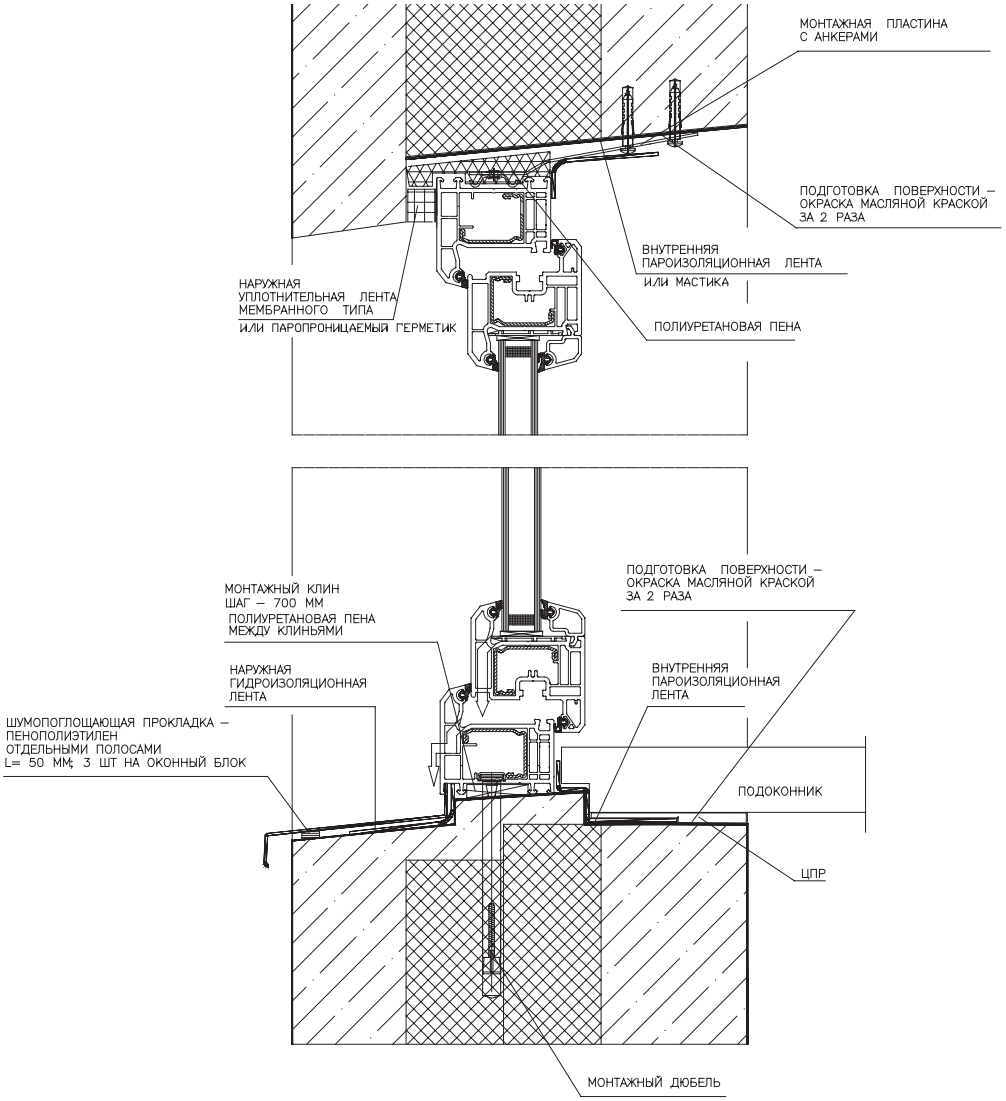


Рис. 8.2.3.4. Установка окна из ПВХ в стене из трехслойных железобетонных панелей. Вертикальный разрез. Система VEKA Topline.

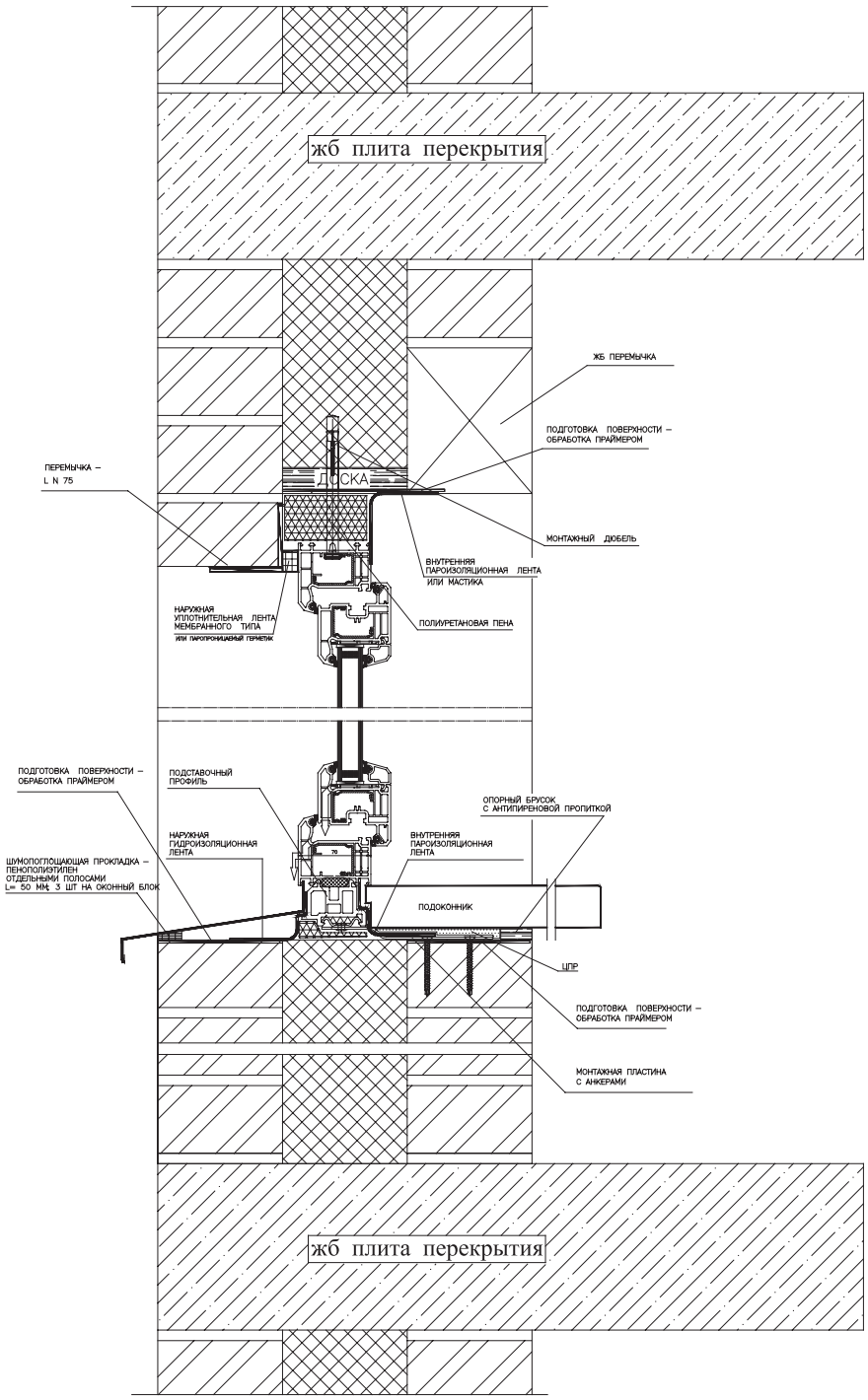


Рис. 8.2.3.5. Установка окна из ПВХ в стене здания с монолитным ЖБ каркасом и заполнением наружных стен эффективной кирпичной кладкой. Вертикальный разрез. Система VEKA Topline.





Неверный монтаж окон из ПВХ. Вверху – окно, смонтированное без подставочного профиля. Внизу – витраж не имеет требуемого количества точек закрепления по верхнему контуру.

ГЛАВА 9. ОКНА КАК ЭЛЕМЕНТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗДАНИЯ

Несмотря на множество функций, возложенных на окно, в подавляющем большинстве современных зданий оно пока еще играет роль пассивного элемента в наружной оболочке. И это, несмотря на то, что окно по сравнению с другими ограждающими конструкциями, является легким и мобильным конструктивным элементом. Его свойства и характер выполняемых функций могут быть, дифференцируемыми в широком диапазоне и легко изменяемыми при помощи современных систем автоматики.

В настоящее время в строительстве развивается тенденция к созданию автоматизированных комплексов управления зданием, контролирующих работу систем вентиляции, отопления, кондиционирования, освещения, систем безопасности и др. В совокупности инженерно-технические решения, образующие единое информационное пространство, и объединенные для решения этой задачи, объединяются единым термином – ***интеллектуальное здание.***

Нужно признать, что в настоящее время в России понятие «интеллектуальное здание» в основном связывается с системами электроники и принципиально оторвано от комплексного анализа микроклимата здания и его несущих и ограждающих конструктивных систем. В европейских странах эти аспекты являются неразрывными; при этом ***наружная оболочка здания, образуемая группой ограждающих конструкций, рассматривается как важный элемент, обеспечивающий защиту жизни, здоровья и частной собственности граждан.***

Если анализировать европейский подход к проблеме, то мы должны говорить о комплексном автоматизированном мониторинге параметров микроклимата и безопасности здания, регулируемых за счет мобильно изменяемых свойств ограждающих конструкций. В этом аспекте окно должно быть одновременно рассмотрено с нескольких позиций.

1. Как источник естественного света и воздуха, контролируемое поступление которых должно быть обеспечено как в нормальных эксплуатационных условиях, так и при возникновении критических аварийных ситуаций: пожаре, задымлении, утечке газа и др.
2. Как наиболее уязвимый элемент наружной оболочки здания с точки зрения воздействия на помещение негативных для человека факторов наружной среды: высоких и низких температур, ветра, солнечной радиации, атмосферных осадков, задымленности и загазованности атмосферы, высокого уровня внешнего шума и др.
3. Как уязвимый элемент в системе антикриминальной защиты помещения, с точки зрения нежелательного проникновения извне.
4. Как резервный путь эвакуации в случае возникновения аварийных и нештатных ситуаций: пожара, задымления, неполадок в работе дверных систем основного выхода из помещения и др.

С точки зрения ***негативных воздействий наружной среды,*** прежде всего необходимо сделать акцент на климатических условиях. В очень жарком или очень холодном климате, т.е. там, где имеют место пиковые климатические нагрузки на оконные конструкции, возникает необходимость применения дополнительных конструктивных мероприятий, снижающих эти нагрузки или снимающих с окна часть функций, традиционно им выполняемых (как правило, в части режимов проветривания и теплозащиты).

В жарком тропическом или умеренно жарком климате в комплексе со светопрозрачными конструкциями, как правило, используются элементы мобильной солнцезащиты – рольставни, жалюзи, маркизы, рулонные шторы (рис. 9.1.0.1).



Рис. 9.1.0.1. Элементы солнцезащиты на фасадах зданий.
А) жилого (Испания, г. Барселона); б) административного (ФРГ, г.Кельн)

В крайних северных районах рольставни и жалюзи выполняют функцию дополнительной теплоизоляции и закрываются ночью в наиболее холодные зимние дни. Кроме того, в холодном или умеренно холодном климате возникает необходимость поиска альтернативы традиционному режиму проветривания, поскольку в сильные морозы мы можем наблюдать обмерзание элементов фурнитуры и оконных приточных клапанов (рис. 9.1.0.2), рассмотренных в главе 5.



Рис. 9.1.0.2. Обледенение элементов оконной фурнитуры, г.Москва

В качестве альтернативы традиционным режимам проветривания могут быть рассмотрены системные решения в области ***децентрализованной вентиляции,*** интегрируемые под управлением единого пульта или применяемые в виде отдельных приточных клапанов.

В главе 6 были рассмотрены принцип работы и конструктивные решения шумозащитных проветривателей предприятия SIEGENIA-AUBI, применяемые в зданиях, подверженных воздействию интенсивной шумовой нагрузки. Помимо решения задач шумозащиты, такие устройства могут выполнять функции зимнего проветривания (альтернативного окнам), а также обеспечивать фильтрацию наружного воздуха от элементов экологического загрязнения (запыленности и загазованности воздуха) и аллергенной пыльцы растений. С целью очищения наружного воздуха в проветривателях SIEGENIA-AUBI устанавливаются специальные угольные или матерчатые фильтры различных типов.

На рис. 9.1.0.3 приведен пример объединения проветривателей SIEGENIA-AUBI в автоматизированную интегрированную систему вентиляции помещения детского сада, поддерживающую параметры микроклимата без участия человека и управляемую пультом АЭРОТРОНИК (AEROTRONIK), принцип действия которого более подробно рассмотрен в разделе 10.2. В производственной программе SIEGENIA-AUBI проветриватели являются частью и***нтеллектуальной системы проветривания*** **AERONET,** объединяющей через электрическую сеть друг с другом проветриватели и другие элементы оконных конструкций – привода оконных створок, датчики задымленности и др., рассматриваемые ниже в настоящем разделе.



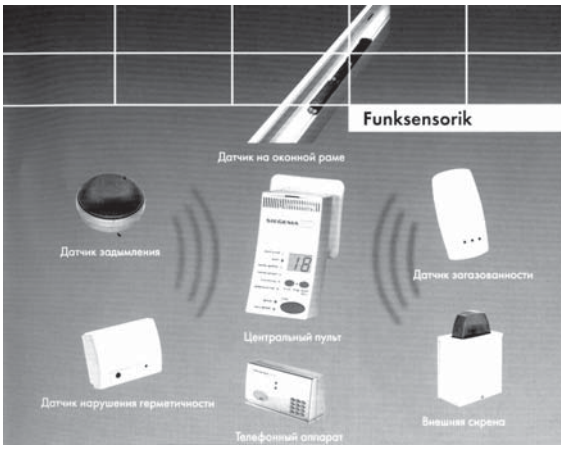
Рис. 9.1.0.3. Интегрированная автоматизированная система децентрализованной вентиляции зимнего сада на базе проветривателей SIEGENIA-AUBI.

В автоматизированных системах безопасности параметры ***антикриминальной защиты и аварийного загрязнения внутреннего воздуха*** (задымленности и загазованности) обычно контролируются единым пультом управления, считывающим данные с единой группы устройств, монтируемых на оконных блоках.

Предприятием SIEGENIA-AUBI разработана ***бескабельная система радиосигнализации*** (рис. 9.1.0.4) **FUNKESENSORIK,** контролирующая следующие параметры:

- нежелательное открывание окон – по причине криминального взлома или по забывчивости при уходе из помещения;
- наличие дыма в помещении;
- неисправность системы газоснабжения – утечка природного газа.

Считывающие датчики системы монтируются непосредственно в окне на элементах стандартного комплекта оконной фурнитуры. Сигналы с датчиков считываются приборами, входящими в состав интегрируемой системы, и передающими информацию на центральный пульт.



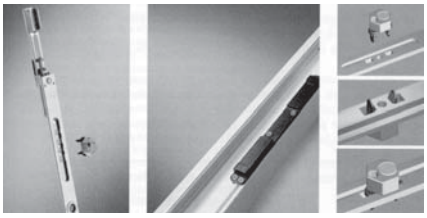


Рис. 9.1.0.4. Система радиосигнализации FUNKESENSORIK.
А) группа интегрируемых приборов; б) монтаж датчиков на деталях стандартного комплекта оконной фурнитуры.

При открытом положении какого-либо из окон помещения или при наличии дыма или газа, с центральной станции подается сигнал тревоги, воспринимаемый на центральном охранном пульте, а также системами пожарной безопасности здания и помещения.

Система удаления дыма и теплоотвода **SIEGENIA-AUBI SI-Motion** (рис. 9.1.0.5) обеспечивает автоматическое открывание окон при пожаре, за счет чего из помещения удаляются дым и отравляющие газы, а также происходит понижение температуры воздуха в помещении при пожаре.

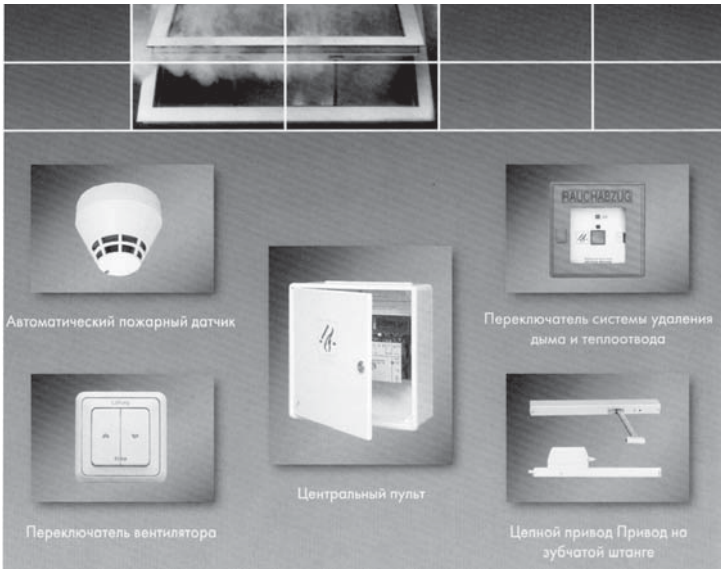


Рис. 9.1.0.5. Система удаления дыма и теплоотвода SI-Motion. Группа интегрируемых приборов.

Для обеспечения автоматического открывания окон в системах безопасности задействуются электрические приводы дистанционного открывания (рис. 9.1.0.6), монтируемые на элементах оконного блока и соединяемые с элементами электроснабжения за счет кабелей. Электрические кабели удобно прокладываются в современных оконных профильных конструкциях, имеющих пустотелую пространственную структуру сече-

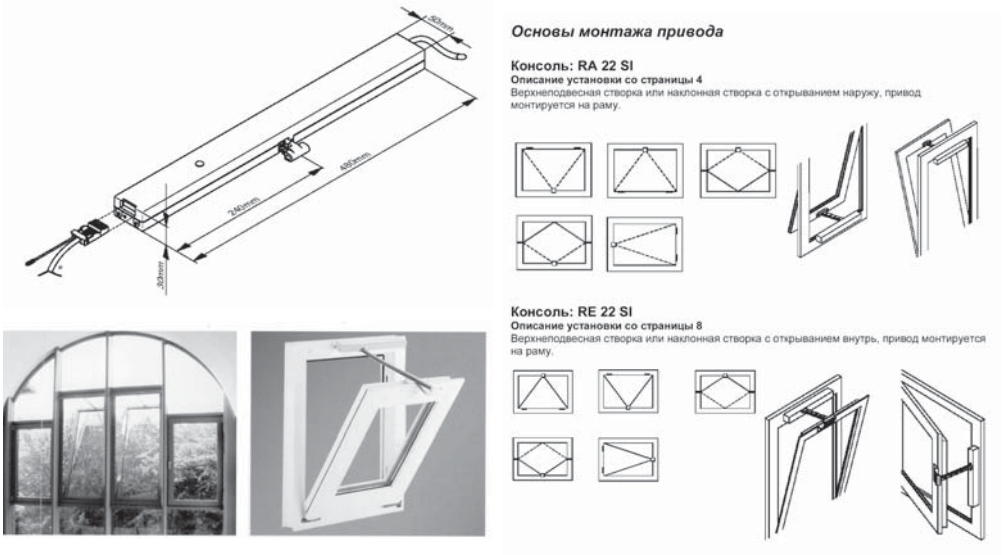


Рис. 9.1.0.6. Электрические приводы дистанционного открывания SIEGENIA-AUBI. Внешний вид и возможные схемы открывания окон.

Электроприводы могут быть задействованы и для работы в нормальном эксплуатационном режиме помещения. В этом случае они обеспечивают автоматическое закрывание окон при дожде или их открывание для залпового проветривания в случае повышения температуры в помещении сверх запрограммированного допустимого предела (например, при перегреве от системы отопления).



Рис. 9.1.0.7. Электромеханическая ручка SIEGENIA-AUBI SI-Motion MH 10.

При необходимости окна могут открываться и закрываться в автоматическом режиме при помощи электрического привода, устанавливаемого в ручке стандартного комплекта фурнитуры. Примером такого решения может служить электромеханическая ручка SIEGENIA-AUBI MH 10 (рис. 9.1.0.7), сигнал на которую приходит с простого пульта дистанционного управления. Эта функция является очень удобной для открывающихся фрамуг расположенных высоко над уровнем пола (например, в школьных здания), для большеразмерных тяжелых оконных створок административных зданий, а также для окон зданий и помещений, где находятся пожилые люди.

Производство интеллектуальных систем, комбинируемых с современными оконными конструкциями, является достаточно развитым направлением в странах Европы. Среди известных в России торговых марок можно, в частности отметить немецкое предприятие GEZE – одного из ведущих производителей приводных систем для открывающихся окон в стенах и кровле, а также систем дымоудаления. В этой же нише рынка работает итальянское предприятие Aprimatic и ряд других производителей.

ГЛАВА 10. ВИТРАЖНЫЕ СИСТЕМЫ ОСТЕКЛЕНИЯ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.

В предыдущем разделе были рассмотрены возможности современных оконных систем, применительно к простейшему случаю – заполнению оконных проемов. В этом случае остекление выполняет чисто ограждающую функцию, а несущая способность профильной системы и заполнения (стеклопакета, стекла, светопрозрачного пластика) практически не принимается к рассмотрению. Гораздо более сложной выглядит ситуация, связанная с необходимостью остекления больших поверхностей, как строго вертикальных, так и наклонных, т.е. в том случае, когда доля светопрозрачных ограждений в общей площади ограждающих конструкций помещения приближается к 100%, а оконные профили частично выполняют несущую функцию. Необходимость решения задач такого уровня сложности, как правило, связывается с устройством остекленных фасадов, зимних садов, торговых павильонов и т.п., для которых фирмами-производителями выпускаются специальные системы профилей. В дальнейшем такие профили будем называть системными.

В витражных системах применяются прочные, высоко технологичные профили, требующие минимального ухода и стойкие к атмосферным воздействиям. Сложившееся соотношение цен определяет два класса системных профилей по сложности. К первому классу относятся зимние сады, небольшие торговые павильоны, сплошное остекление лестничных клеток, небольших участков стен, балконов, веранд и т.п. В этих случаях профиль не воспринимает больших статических нагрузок, но вместе с тем должен быть технологичным и удобным в монтаже. Предъявляемым требованиям на этом этапе вполне соответствуют ПВХ-профили, а более дорогой алюминий используется реже. Ко второму классу относятся остекленные фасады многоэтажных административных зданий, купола и своды, а также фонари верхнего света большой площади. В таких конструкциях однозначно используются алюминиевые профили, разнообразие которых предоставляет широкий набор возможностей для архитектора.

Совершенно очевидно, что в рамках данного пособия не представляется возможным проанализировать и оценить все многообразие системных профилей и витражных конструкций, подход к разработке и проектированию которых значительно отличается у различных производителей.

В отдельную группу могут быть вынесены светопрозрачные межкомнатные перегородки, не являющиеся наружными ограждениями, но, вместе с тем, относящиеся к группе витражных конструкций по своей конструктивной схеме и характеру воспринимаемых статических и динамических нагрузок.

Приведем краткое описание основных групп витражных конструкций, обозначив принципиальные подходы к проектированию, характерные для каждой из них. Поскольку основное внимание в книге уделено оконным системам из поливинилхлорида, имеет смысл в процессе изложения более подробно остановится на специфике применения профильных ПВХ -систем в данной конкретной области.

10.1. ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ.

Под <u>фасадными системами</u> будем понимать системы оконных профилей, специально разработанные для создания сплошного остекления как на отдельных участках фасада здания, так и по всей его плоскости. При этом все фасадные системы включают в себя группу специальных профилей для светопрозрачной кровли, выполняемой из стекла или прозрачного пластика.

Фасадные системы воспринимают значительные по величине ветровые нагрузки; на профили воздействуют собственный вес стекла и температурные напряжения. В местах стыковки образующих элементов (профильной системы и заполнения) остекленные фасады могут промокать под сильным дождем.

Профильные системы из поливинилхлорида, обладающие значительным коэффициентом температурного расширения (см. главы 2;8) и малой жесткостью рамных элементов, определяемой технологией их изготовления (см. раздел 2.2.6), имеют очень ограниченные возможности при применении их в фасадных системах. ПВХ в этой области уступает алюминию почти по всем показателям, за исключением более высоких теплозащитных качеств. В любом случае, остекленная стена на основе профильной системы из ПВХ, будет иметь более высокое приведенное термическое сопротивление по сравнению со своим аналогом, выполненным на основе алюминия.

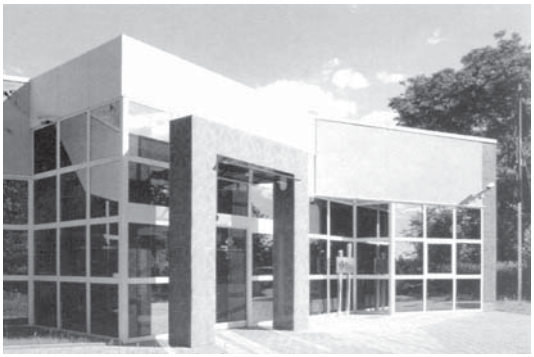
Таким образом, серьезным препятствием для применения ПВХ в фасадных конструкциях является подверженность профильной системы значительным температурным деформациям. Ограничения по размерам элементов, накладываемые производителями профилей, не позволяют делить фасад на остекленные ячейки большой площади, что, в свою очередь, ограничивает и творческие возможности архитектора.

По своему конструктивному решению, технологии возведения и способу создания архитектурной композиции фасадные системы делятся на стандартные, структурные и полуструктурные.

Стандартные фасады (рис.10.1.0.1) характеризуются наличием выраженного поэлементного членения. Наружная плоскость навесных ригелей и стоек выходит за плоскость остекления, а цвет и форма завершающих планок является важным элементом архитектурной композиции. Крепление остекления осуществляется исключительно механическим способом при помощи штапиков и специальных планок.

На рис. 10.1.0.1 показано конструктивное решение стандартного фасада, выполненного из алюминиевых профилей. Несущая стоечно-ригельная система образована стойками (поз.1) и поперечинами (поз.2), соединяемыми при помощи специального элемента. Нагрузка от собственного веса остекления воспринимается опорным элементом, через который передается на ригель. Крепежные болты, устанавливаемые с шагом порядка 300 мм по горизонтали и вертикали, вкручиваются в нарезанную в профилях стоек и ригелей резьбу, проходя через несколько рядов теплоизолирующих полиамидных элементов. Количество рядов изолирующих перемычек при этом определяется толщиной остекления.

Структурные фасады (рис.10.1.0.2) представляют из себя сложные конструктивные системы, основной идеей которых является создание сплошной гладкой поверхности остекления с минимально выраженным членением. При этом остекление прикрепляется к несущим элементам при помощи специального клея, а элементы навесной стоечно-ригельной системы полностью находятся за плоскостью остекления.





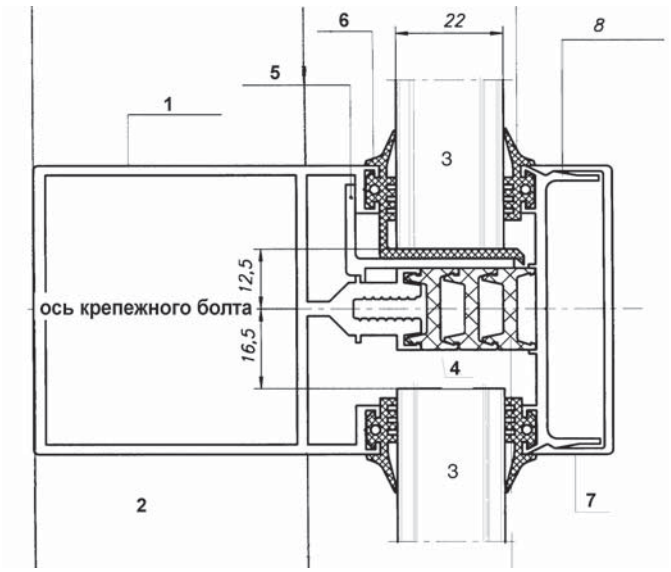


Рис. 10.1.0.1 Стандартная фасадная система алюминиевых профилей (Yawal FA 60). Вертикальный разрез.

1 – ригель, 2 – стойка, 4 – наборные полиамидные элементы, 5 – опорный элемент для стеклопакета, 6 – уплотнители, 7 – завершающий профиль, 8 – монтажная накладка.



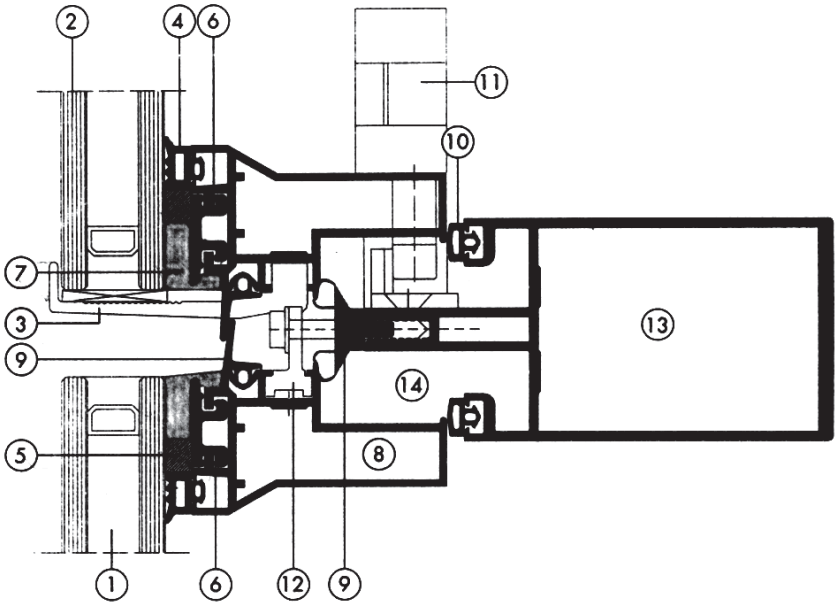


Рис. 10.1.0.2. Система структурного остекления Elegance 52 Vek (RC).
Вертикальный разрез.

1 – стеклопакет, 3 – упорный страховочный кронштейн, 4 – уплотнители для остекления, 5 – эластичная бутиловая лента, 6 – крепежные алюминиевые профили, склеиваемые со стеклопакетом, 7 – структурный силиконовый клей, 8 – рамно-створочные алюминиевые профили, 9 – центральное уплотнение, 10 – внутреннее уплотнение, 11 – рычаг с затворной пластиной, 12 – элемент для крепления створки, 13 – несущий горизонтальный алюминиевый ригель, 14 – камера для крепления фурнитуры

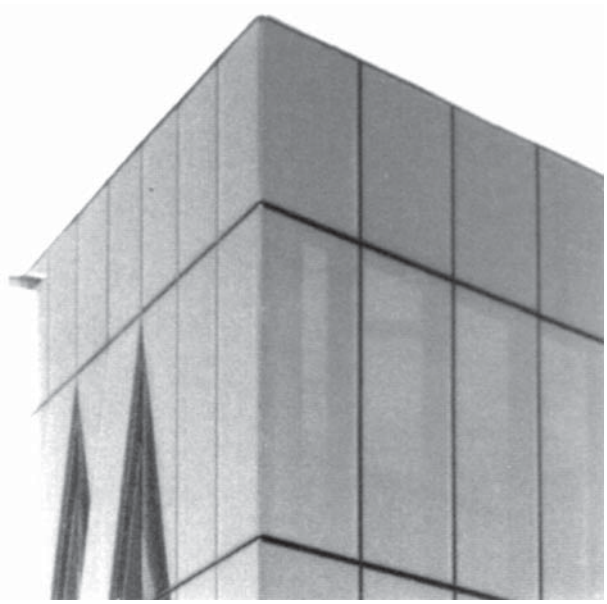
Большинство систем структурного остекления характеризуются наличием дополнительной рамной конструкции, на которую навешиваются фасадные стеклоблоки, образуемые стеклопакетом с приклеенным к нему крепежным алюминиевым профилем. На рис. 10.1.0.2 показано вертикальное сечение элементов структурного фасада Elegance 52 Vek бельгийской фирмы RC (Remi Claeys Aluminium). В нижней части клееные стеклоблоки устанавливаются на опорный кронштейн (поз.3), а в верхней, через промежуточную раму (поз.8), фиксируются крепежным элементом (поз.12). Нагрузка от веса остекления, таким образом, сводится на центральный крепежный болт, вкручиваемый в профиль несущего ригеля (поз.13) с нарезанной резьбой. Внизу створка дополнительно фиксируется рычагом (поз.11).

Полуструктурные фасады (рис. 10.1.0.3) занимают соответственно промежуточную позицию и сочетают в себе как архитектурные, так и конструктивные черты стандартных и структурных фасадов. Полуструктурный фасад отличается наличием видимых алюминиевых кромок, обеспечивающих защиту краевых участков стеклопакета.

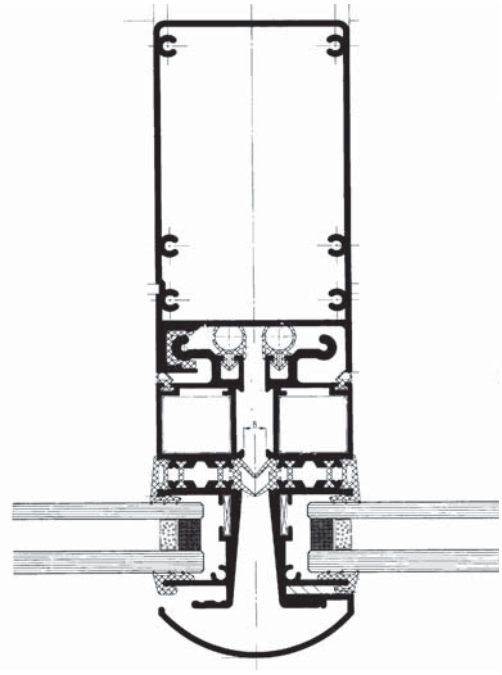
Наряду со сложностью конструкции, системы структурного и полуструктурного остекления обладают и рядом несомненных достоинств по сравнению со стандартными. Они более красивы и выразительны с архитектурной точки зрения, при этом, в отличие от стандартных фасадов, не имеют выраженных «мостиков холода», так как металл практически не соприкасается с наружным воздухом. В системах структурного остекления все участки стеклопакета, включая его краевые зоны, находятся в одинаковых условиях работы по отношению к температурным деформациям, что значительно снижает вероятность их разрушения в процессе эксплуатации. По сравнению со стандартными системами в структурных обеспечивается более эффективная защита от атмосферных воздействий, включая систему водоотвода. Важным преимуществом структурных фасадов является возможность монтажа остекления «изнутри», гораздо более дешевого по сравнению с единственно возможным «наружным» монтажом фасадов стандартных (рис. 10.1.0.4). В силу возможности монтажа «изнутри» остекление такого типа имеет более широкие возможности по применению в зданиях повышенной этажности.

Таким образом, основу любой фасадной системы (как стандартной, так и структурной) составляют стальные стойки, как правило коробчатого сечения, закрепляемые на несущих элементах здания – стенах, перекрытиях, колоннах. На стойки от плоскости фасада передается ветровая нагрузка, а также нагрузка от собственного веса остекления, воспринимаемая горизонтальными ригелями профильной системы. При этом ***конструкция остекления в целом может быть рассмотрена как единая оболочка, навешиваемая на несущие конструкции здания.*** В силу такого построения, характерного для всех фасадных систем, их называют еще ***навесными фасадами.***

Структурные и полуструктурные фасады выполняются из алюминиевых профилей, а в стандартных могут использоваться как алюминиевые, так и комбинированные (ПВХ + алюминий + сталь) профили. Примером такой системы может служить фасадная система **Rehau Polytec 50,** элементы которой показаны на рис. 10.1.0.5. Из рисунка нетрудно заметить, что эта система имеет тот же принцип построения, что и стандартные алюминиевые фасады (см рис.10.1.0.1).







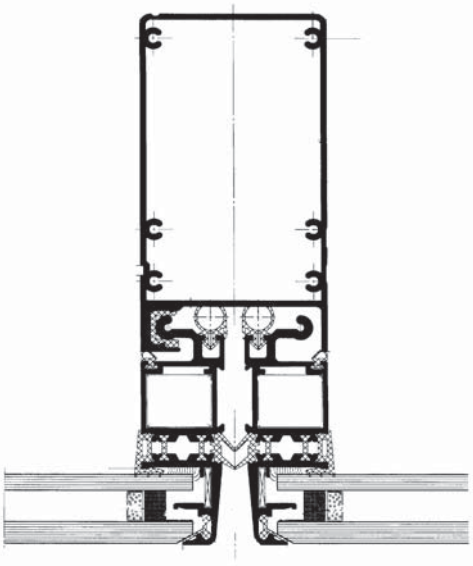


Рис.10.1.0.3. Система полуструктурного остекления Yawal FS 70. Горизонтальные разрезы.

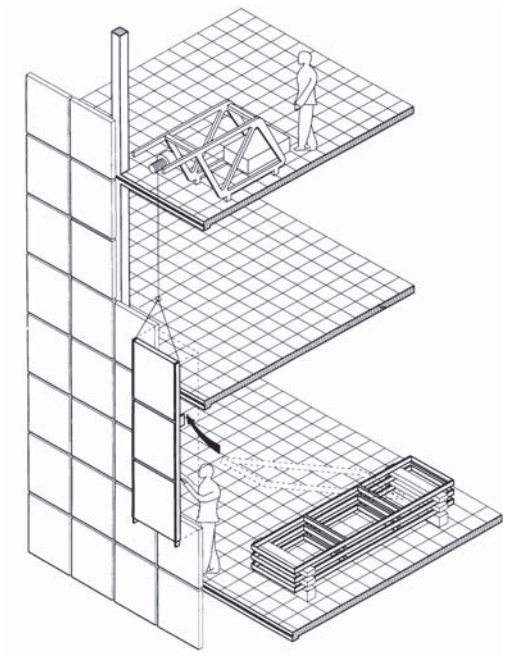






Рис. 10.1.0. 4 . Монтаж фасадных систем а) структурной, б) стандартной; в) полуструктурной.

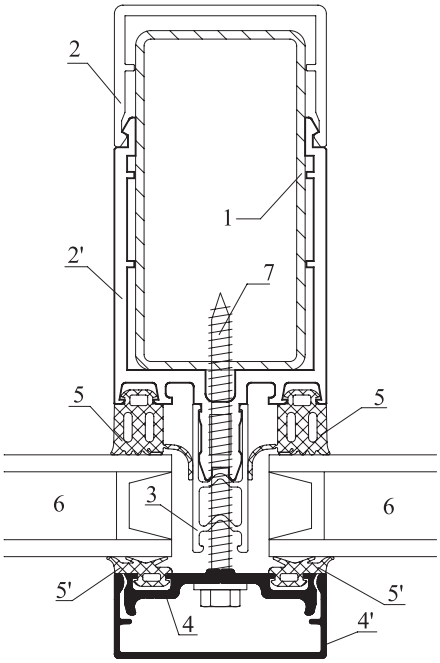


Рис. 10.1.0. 5. Фасадная система Rehau Polytec 50. Сопряжение открывающегося окна с глухим участком остекления (горизонтальный разрез)
1 – стойка из оцинкованной стали, 2, 2’ – профили декоративной облицовки стойки, 3 – изолятор стойки, 4, 4’ – алюминиевые накладки (штульпы), 5, 5’, 6 – стеклопакеты, 7 – крепежный болт

В последнее время при строительстве зданий общественного назначения, все большее применение находит практика применения, так называемых «двойных фасадов», когда основное остекление фасада со стеклопакетами закрывается снаружи еще одной прозрачной оболочкой – в одно стекло (рис. 10.1.0.6) .



Рис. 10.1.0.6. Здание торгового центра с двойным светопрозрачным фасадом; г.Кёльн, ФРГ

Такое конструктивное решение позволяет решить сразу несколько технических проблем, а именно:

- ликвидировать зрительные искажения наружной плоскости фасада, вызванные естественными эксплуатационными прогибами стеклопакетов под действием перепадов давлений и температур (см.раздел 3.4.2);
- организовать вентилирование (обогрев) пространства между лентами остекления с целью предотвращения перегрева (переохлаждения) помещений, находящихся за стеклянными стенами;
- повысить степень защиты светопрозрачных стен от воздействия внешнего шума и др.

Кроме того, крупными производителями системных алюминиевых профилей (Shueco, Reynaers, Hueck, Wicona и др.) разработаны специальные конструктивные решения, направленные на повышение теплозащитных качеств профильных систем, их огнестойкости, а также различные мероприятия по использованию остекленных фасадов как аккумуляторов солнечной энергии в энергосберегающих технологиях.

При проектировании фасадных систем необходимо учитывать сложный комплекс действующих нагрузок воздействий, моделируемый при помощи современных компьютерных программ. Среди российских проектировщиков фасадных конструкций наибольшую известность получил программный комплекс, «Athena» немецкой компаниии CAD-PLAN, позволяющий проводить широкий спектр прочностных расчетов, наряду с решением задач строительной физики и выполнением конструкторских чертежей в рабочей среде AutoCAD.

10.2. ЗИМНИЕ САДЫ.

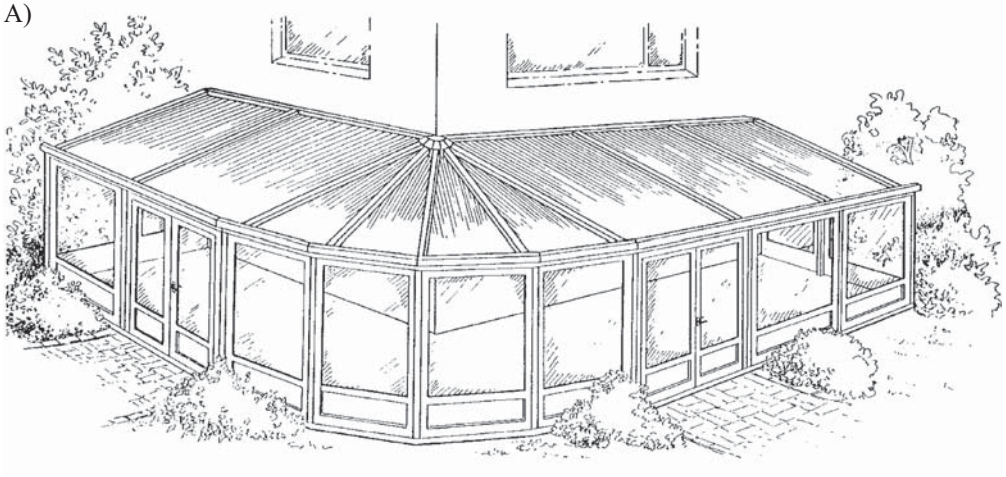
10.2.1. АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ.

Под современным понятием «зимний сад» будем понимать помещение, образованное легкими светопрозрачными конструкциями стен и кровли, пристроенное к зданию, занимающее площадь на его верхних этажах или отдельно стоящее. Помещение зимнего сада может использоваться непосредственно как оранжерея для круглогодичного произрастания теплолюбивых растений, а также для любых других функций, предусмотренных в жилом или административном здании (помещение для бассейна, тренажерного зала, отдыха, кафе, комната переговоров и др.). При этом, независимо от функционального назначения, в таких помещениях обеспечивается особое, специфическое чувство зрительного контакта с окружающей средой, а городская застройка или прилегающий парк становятся своеобразным элементом интерьера.

В зависимости от объемов помещения, его размеров, расположения и функционального назначения, а также от пожеланий заказчика, зимние сады могут выполняться как в алюминии, так и в ПВХ. При этом, независимо от варианта исполнения стен, в конструкции светопрозрачной кровли ПВХ используется исключительно в комбинации с мощными стальными элементами (в основном коробчатого сечения), выполняющими роль несущих стропильных конструкций.

В настоящее время у различных производителей профильных систем из ПВХ можно проследить два принципиальных подхода к проектированию зимних садов. Первый

А)



б)



в)



Рис. 10.2.1.1. Функциональное назначение помещений с остекленными стенами и кровлей.
А) Зимний сад, пристроенный к индивидуальному жилому дому; б) бассейн; в) кафе.

базируется на их сборке из элементов простой оконной системы, дополненной набором различных усилительных, соединительных, поворотных и удлинительных профилей, а также стропильными конструкциями кровли. Второй, более дорогой вариант, предусматривает применение фасадной системы.

При этом, ***в отличие от навесных фасадов, для зимнего сада, представляющего собой сплошную светопрозрачную тонкостенную оболочку, характерно отсутствие мощных несущих элементов здания (стен, перекрытий, колонн), на которые может быть перераспределена ветровая нагрузка.*** Наиболее сложный случай представляет вариант отдельно стоящего, либо пристроенного к зданию зимнего сада. В этом случае, помимо нагрузок от ветра, снега и собственного веса остекления следует принимать во внимание и усилия, воздействующие со стороны грунта.

В любом случае, ***выбор той или иной системы профилей, применяемой для остекления больших поверхностей, должен исходить из необходимости обеспечения пространственной работы всего сооружения в целом.***

Следует отметить, что позиция производителей ПВХ-профилей по отношению к зимним садам носит сложный и неоднозначный характер. Многие крупные производители (в частности концерн **«VEKA»**) считают, что применение ПВХ в конструкции

светопрозрачной кровли является неоправданным, и уступают эту сферу производителям алюминиевых систем. Концерны **«Rehau»** и **«Thyssen»** имеют специально разработанные системы зимних садов (ПВХ +алюминий) с проработанными конструктивными элементами кровли (рис. 10.2.1.2).

С точки зрения потребностей рынка, вторая позиция несомненно заслуживает большего понимания. С точки зрения строительного проектирования, нам следует более внимательно присмотреться к первой.

Из всех наружных ограждающих конструкций здания конструкция кровли является наиболее подверженной воздействию избыточной солнечной радиации летом и обледенения зимой. При малых уклонах на кровле скапливается снег, водоотвод с нее становится затрудненным.

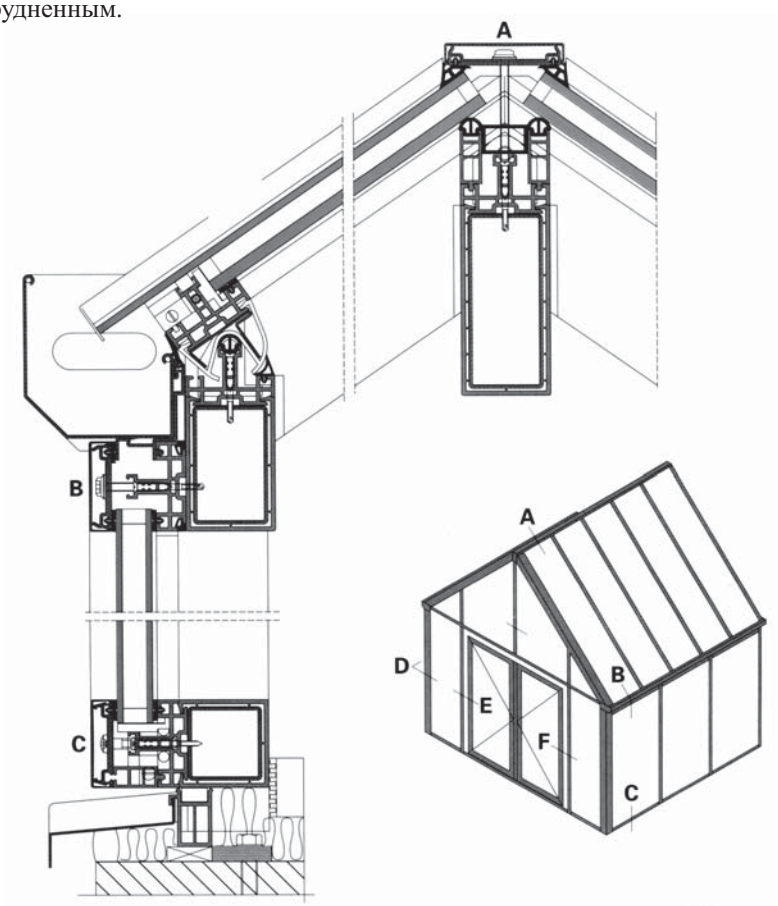


Рис.10.2.1.2. Конструктивные элементы зимнего сада. Система Thyssen.

Как уже отмечалось в предыдущих главах, светопрозрачные конструкции обладают гораздо более низким термическим сопротивлением по сравнению с глухими участками наружных стен и покрытий. Поэтому теплопотери через светопрозрачную кровлю будут ощутимыми по величине. Как уже отмечалось в главе 4, через остекленные поверхности, расположенные под углом к горизонту, теряется гораздо больше тепла, чем через вертикальное остекление.

Скопление снега на крыше зимнего сада приведет к образованию льда в его нижнем слое за счет подтаивания, вызванного теплопотерями (рис. 10.2.1.3). В связи с этим можно говорить о том, что в суровом российском климате значительного обледенения кровли зимнего сада можно избежать лишь при условии сдувания с нее снега, т.е. при значительных уклонах и максимально гладкой поверхности заполнения, имеющей малую адгезионную способность (стеклопакеты с флоат-стеклом).



Рис. 10.2.1.3. Сплошное обледенение конструкций остекленного помещения; г. Москва.

Для снижения риска разрушения стеклянной кровли, вызванного скоплением снега, ее термическое сопротивление может быть искусственно занижено от требуемых норм теплотехники. Таким образом, искусственно создается возможность для более интенсивного таяния снега за счет высоких теплопотерь через крышу (особенно во время обильного снегопада), и стекания образующейся воды в водоотводные желоба.

Наглядным примером такого решения могут служить тепличные хозяйства советского периода, в которых крыши теплиц имеют одно стекло, а снег на них полностью стаивает. При этом стены таких «парников» были запроектированы в два стекла. Современным аналогом такого решения может служить зимний сад с двухкамерным стеклопакетом в стенах и однокамерным – в крыше.

В настоящее время в России применяются светопрозрачные кровли из стекла или поликарбоната.

При заполнении ячеек между несущими элементами профильной системы стеклопакетами, разница коэффициентов температурного расширения ПВХ и стекла (см. главу 2), за счет накопления остаточных деформаций в профиле, находящемся под нагрузкой, неизбежно приведет к разуплотнению стыков между элементами остекления и профильной системы и появлению протечек. Время наступления подобной ситуации будет определяться такими факторами как:

- уклон кровли;
- качество монтажа (строгое соблюдение проектных размеров и геометрии, а также монтажных допусков в стыках между элементами);
- качество используемых монтажных материалов (уплотнительных лент, герметиков и т.п.);
- химический состав ПВХ, используемого в профильной системе;
- пространственная работа сооружения, схема закрепления узловых точек (жесткая или шарнирная) элементов и их свободная длина.

- Поликарбонаты – твердые, бесцветные вещества – синтетические полимеры, продукты взаимодействия двухатомных фенолов и производных угольной кислоты. Наиболее распространен поликарбонат, получаемый из дифенилолпропана и фосгена – $[C_6H_4C(CH_3)_2C_6H_4OCO-]n$. Поликарбонаты прочны, оптически прозрачны, морозостойки, являются хорошими диэлектриками. В светопрозрачных конструкциях используются поликарбонаты, как сплошные, так и имеющие ячеистую структуру.

Табл.10.2.1.1

Физические характеристики сплошных листовых поликарбонатов

Объемный вес, кг/м^3	**1200**
Теплопроводность, Вт/м К	**0.2 – 0.22**
Коэффициент температурного расширения, 1/^{o}C	**60 • 10^{-6}**
Модуль упругости, Н/м^2	**2,4 – 100 • 10^9**
Предел прочности при растяжении, Н/м^2	**57 – 80 • 10^6**
Предел прочности при сжатии, Н/м^2	**80 –85 • 10^6**
Предел прочности при изгибе, Н/м^2	**90 – 110 • 10^6**
Коэффициент светопропускания	**0.80 – 0.85**

При использовании в качестве заполнения панелей из поликарбоната, в конструкции кровли оказываются два материала, близких друг к другу по коэффициенту температурного расширения (80 • 10^{-6}1/^{o}C у ПВХ и 60 • 10^{-6}1/^{o}C у поликарбоната). При этом очевидно, что необходимо стремиться к максимально малым ячейкам между профилями, что в конструкции кровли удается реализовать крайне редко. Как правило, при уклоне кровли свыше 30 о применяются листы поликарбоната, длиной более 4 м. Лист, укладываемый по скату кровли, должен иметь возможность свободной подвижки при нагревании-охлаждении во всех четырех направлениях. При этом можно заметить очевидное противоречие, заложенное непосредственно в конструкции профильной системы.

Уплотнители в любой системе (см. главу 2) предназначены для того, чтобы обеспечить максимально плотную фиксацию стеклопакета в профиле для предотвращения проникновения атмосферной влаги в окно. Лист поликарбоната, зажатый между двумя контурами уплотнения, не может иметь свободные подвижки, за счет возникающего трения. В результате при резких суточных колебаниях температур в жаркие летние дни, поликарбонат, уложенный на крыше зимнего сада, получает периодические выгибы из плоскости, и, при накоплении остаточных напряжений, коробится.

В зимнее время температура на внутренней поверхности кровли из поликарбоната, имеющего ячеистую структуру (термическое сопротивление порядка R= 0.4 – 0.5 м^2 ^{o}C/ Вт) будет близка к температуре воздуха внутри помещения (+16 – +18 ^{o}C), при этом темпера-

тура на наружной поверхности будет составлять – 24 ºС – (-26) ºС. Зная коэффициент температурного расширения поликарбоната, можно рассчитать прогиб кровли, возникающий под воздействием зимнего перепада температур.

На рис. 10.2.1.4 показана схема, иллюстрирующая пример расчета прогиба панелей из поликарбоната (в одной плоскости) при следующих исходных данных:

– ширина листа – 1225 мм, толщина – 16 мм;
– температурный перепад между внутренней и наружной поверхностью – 40 ºС (наружная температура – (-24 ºС), внутренняя – (+16 ºС);
– коэффициент температурного расширения (КТР) – 6.5 х 10 –5 [1/ºС]

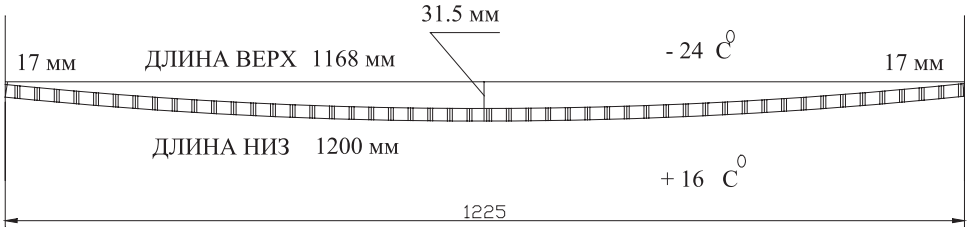


Рис. 10.2.1.4. Пример расчета прогиба панелей из поликарбоната под воздействием разности температур.

Согласно нормам DIN, прогиб панелей светопрозрачной кровли не должен превышать 8 мм. Из рис. 10.2.1.4 видно, что расчетный прогиб, составивший в данном примере 31.5 мм, превышает допустимый почти в четыре раза. Дополнительно отметим, что эта величина получена без учета нагрузки от снега.

Приведенные выше рассуждения говорят о том, что применение полимерных материалов в конструкции светопрозрачной кровли прежде всего связано с проблемами долговечности. Можно говорить о том, что может быть поставлена под сомнение сама вероятность использования поликарбоната как конструктивного материала для сооружений, долговечность которых должна быть максимально приближена к сроку службы основного здания (многоквартирного жилого дома, коттеджа, офиса и т.д.). Коробление и прогибы, вызванные температурными деформациями и снеговой нагрузкой, могут набрать критические значения уже в первый год эксплуатации кровли, что соответственно, приведет к разуплотнению стыков с профильной системой, неравномерному отводу воды и протечкам.

При этом необходимо отметить, что кровельные конструкции из поликарбоната достаточно хорошо работают в условиях, не связанных с неравномерным нагревом их поверхностей: в конструкциях навесов над автозаправочными станциями, торговыми рядами, в кровлях неотапливаемых атриумов, в тепличных сооружениях и т.п. (рис. 10.2.1.5). При этом в конструкции кровли применяются специальные системы на основе алюминиевых профилей и соединительных элементов, позволяющих свободные температурные подвижки поликарбоната. При этом, как правило, предполагается арочная форма покрытия, в которой гибкий лист поликарбоната будет работать наиболее эффективно.



Рис. 10.2.1.5. Кровля из поликарбоната над атриумом отеля. Средиземноморское побережье.

Таким образом, наибольшее число проблем, возникающих при проектировании зимних садов, связано с устройством светопрозрачной кровли, как с точки зрения профильной системы, так и заполнения. Кроме того, на сегодняшний день остаются трудно решаемыми вопросы температурно-влажностного режима и вентиляции. Не могут быть перенесены из технической документации немецких производителей значения снеговых нагрузок в силу существенной разницы климатических условий России и Германии. Поэтому, несмотря на реально высокий спрос, существующий на зимние сады, и уже определенно набранный опыт (в основном отрицательный) по их установке, трудно говорить об окончательной, полностью сформированной методике проектирования, позволяющей безошибочно реализовать весь путь от приема заказа до монтажа. Можно выделить лишь некоторые минимально необходимые основные этапы.





Рис. 10.2.1.6. Разрушение внутренней отделки зимнего сада, расположенного на балконе жилого дома в г. Москве. Заполнение кровли – ячеистый поликарбонат с малым уклоном – (около 10°). Наступление аварийной ситуации – первая зима после установки.

При разработке общего архитектурно-конструктивного решения зимнего сада (рис. 10.2.1.7) принимаемого на основании расчетов на действие статических нагрузок (ветер, собственный вес остекления, снег), необходимо проработать следующие основные элементы:

– план расстановки стоек, образуемых несущими профилями оконной системы;
– схему фасадов с расстановкой элементов их горизонтального членения (поперечины, внутренние и наружные накладки в стеклопакетах и др.), а также с указанием типа открывания окон и расположения непрозрачных участков (сэндвич-панели и др.)*;

• Согласно рекомендациям концерна «Rehau» зимний сад должен иметь 40% открывающихся окон для обеспечения нормального режима вентиляции.

– план кровли с раскладкой стропильных профилей, а также с указанием открывающихся мансардных окон;
– характерные разрезы;
– спецификацию применяемых стеклопакетов с указанием типа стекол, толщин распорных рамок, типа применяемых мастик и технологии их нанесения*, теплотехнических, светотехнических и звукоизоляционных характеристик;

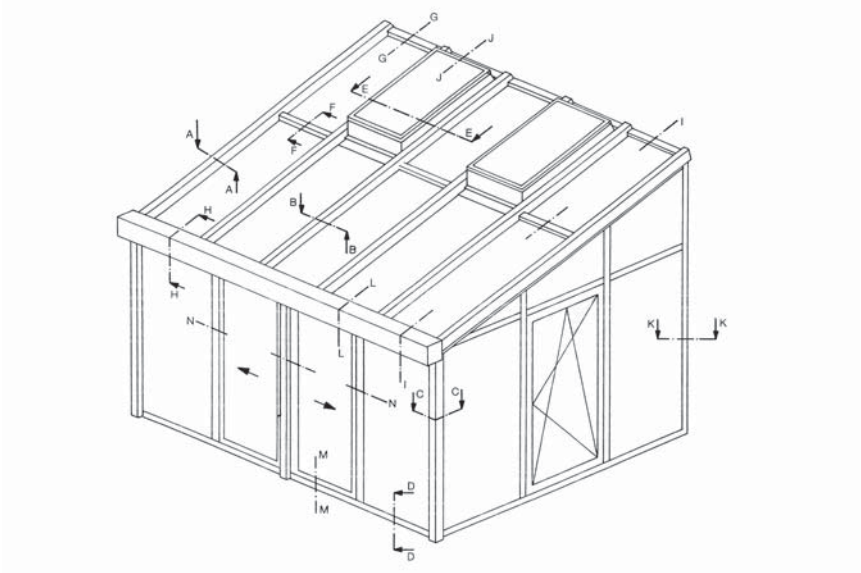


Рис.10.2.1.7. Общее архитектурно-конструктивное решение зимнего сада. Сечения необходимые для проработки.

• Как отмечалось в главе 3, в стеклопакетах, применяемых в наклонной кровле, недопустимо использование технологии хот-мелт, поскольку возможно сползание верхних стекол пакета. Необходимо также учитывать характеристики герметиков, применяемых для герметизации сопряжений профильной системы и заполнения с точки зрения устойчивости к воздействию температур и УФ солнечного излучения (табл. 10.2.1.2).

Табл. 10.2.1.2

Характеристики герметизирующих материалов

N п/п	Наименование герметика	Относительное удлинение при разрыве, %	Долговечность, годы	Интервал рабочих температур,ºС	Устойчивость к воздействию УФ излучения
1	Полиуретан (однокомпонентный)	**300 – 450**	Более 20	**-50 … + 135**	Хорошая
2	Силикон	**100 – 200**	Более 20	**-60 … + 205**	Отличная
3	Акрил-термополимеры	**15 – 50**	Более 20	**Макс. + 85**	Очень хорошая
4	Полисульфид (однокомпонентный)	**200 – 300**	Более 20	**-50 … + 120**	Очень хорошая
5	Бутил каучук	**75 – 125**	7 – 10	**-40 … + 135**	Средняя
6	Акрил латексный	**25 – 60**	2 -14	**-30 … + 100**	Средняя

– конструктивные детали сопряжения элементов оконной системы, в которые (при необходимости) могут быть включены элементы других оконных систем, а также нестандартные детали, индивидуально разрабатываемые проектировщиком;
– общестроительные конструктивные элементы и детали (примыкание светопрозрачных конструкций к стенам и кровле существующего здания, конструкция фундаментов и т.п.).

10.2.2. УПРАВЛЕНИЕ МИКРОКЛИМАТОМ.

Поскольку стеклянная оболочка практически мгновенно передает во внутреннее пространство изменения внешнего климата, – при проектировании зимнего сада принципиально важно включение в него ***специальных приспособлений и устройств, при помощи которых можно было бы быстро и эффективно выравнивать пиковые климатические нагрузки.***

В зимнее время температура и влажность наружного воздуха не претерпевают резких скачкообразных изменений на протяжении суток. Стабильность параметров микроклимата внутри зимнего сада поддерживается за счет регулирования мощности системы отопления и элементов переменной теплоизоляции (рольставен и жалюзей), закрываемых в ночное время для сбережения дополнительного тепла от солнца, поступающего в помещение зимнего сада в течение светового дня. Основным негативным фактором в зимнее время является возможное падение или повышение влажности внутреннего воздуха, неблагоприятное для людей и провоцирующее возникновение болезней растений.

В летнее время температура наружного воздуха характеризуется высокими амплитудами на протяжении суток. В жаркие летние дни перепад температур наружного воздуха в дневное и ночное время достигает в Москве 15 – 20 ºС. Доля солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность (кровля) на 48º с.ш. (г.Москва), в июле составляет 877 МДж/м^2; на вертикальную поверхность (стена) – 398 МДж/м^2 при ориентации ее на юг, и 197 МДж/м^2 при ориентации ее на север.

В жаркий солнечный день внутри зимнего сада возникает накопление солнечного тепла, проникающего через стеклянные стены и кровлю и вызывающего повышение температуры внутри помещения за счет «парникового эффекта» (рис.10.2.2.1), физические закономерности которого описаны в главе 4. Многие растения плохо переносят температуру выше 27 ºС, а у многих яркое солнце обжигает листья. Очевидно, что высокая температура внутри зимнего сада является совершенно неприемлемой для человека.

Для регулирования параметров микроклимата в зимних садах применяются ***автоматизированные системы,*** включающие в себя группу устройств, управляемых с единого пульта, программируемого вручную или при помощи компьютера. В России такие системные решения пока еще относительно малоизвестны, однако в настоящее время они постепенно занимают определенную нишу рынка интеллектуальных оконных технологий.

Наибольшую известность на сегодняшний день в нашей стране получила система вентиляции зимнего сада **SI-WIGa-Bus-System,** производимая предприятием **«SIEGENIA-AUBI»,** смонтированная и эксплуатирующаяся на ряде частных объектов в г. Москве.

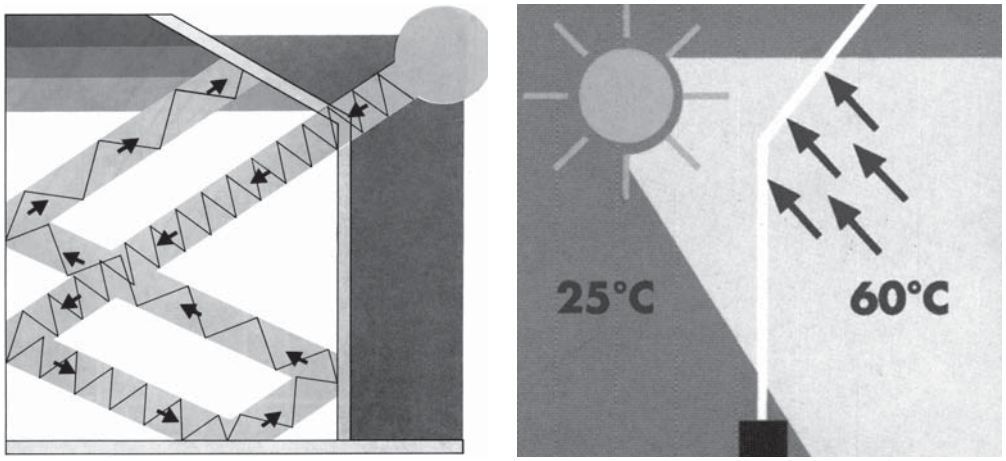


Рис.10.2.2.1. Перегрев помещения зимнего сада за счет воздействия солнечной радиации.

Интегрированная система вентиляции **SI-WIGa-Bus-System** включает в себя группу устройств, предназначенных для выполнения определенных функций и управляемых от единого центрального пульта (рис.10.2.2.2). На конкретном строительном объекте может применяться как весь системный комплекс, так и отдельные устройства, целенаправленно группируемые для решения определенных задач. Система очень проста в монтаже и эксплуатации; отдельные блоки соединяются между собой при помощи обычного телефонного кабеля.

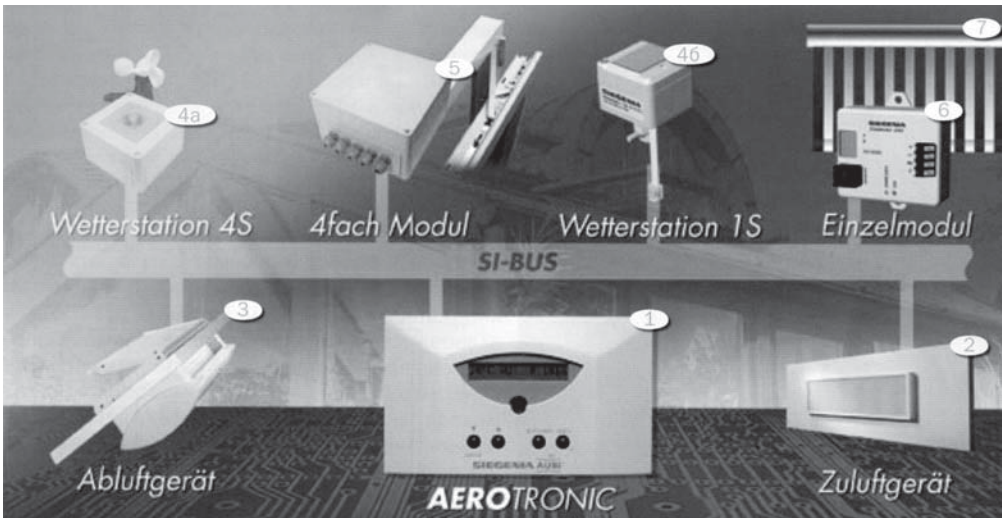


Рис.10.2.2.2. Интегрированная система вентиляции зимнего сада SI-WIGa-Bus-System.

1 – центральный управляющий блок (AEROTRONIC); 2 –приточное устройство (AEROMAT); 3 – вытяжное устройство (AEROJET или AEROSTAR); 4а и 4б – метеостанция; 5 – блок управления открыванием-закрыванием окон ; 6 – блок управления открыванием – закрыванием затеняющих маркиз; 7 – затеняющие маркизы.

Основным элементом системы, ее «мозговым центром», является центральный управляющий блок **AEROTRONIC** (поз.1 рис.10.2.2.2), который, как правило, монтируется внутри зимнего сада на стене основного дома, к которому примыкает зимний сад.

В блоке **AEROTRONIC** установлены датчики, считывающие значения температуры и относительной влажности внутреннего воздуха соответственно в интервале **t** = 0 …. 50 ºС и **f** = 30 … 80 %. В соответствии с функциональным назначением помещения (зимний сад, кафе, помещение культурно-бытового назначения и др.) программируются критические значения контролируемых параметров, определяющих граничные условия комфортности в помещении зимнего сада.

При наступлении какого-либо критического значения из запрограммированных параметров: температуры (например, $\mathbf{t}_{\text{крит}}$ = + 30 ºС – предельно допустимая температура для растений, произрастающих в зимнем саду) или влажности (например, $\mathbf{f}_{\text{крит}}$ = 60% – максимально допустимая влажность для человека) или запрограммированного критического сочетания температуры и влажности (например, $\mathbf{t}_{\text{крит}}$ = + 25 ºС при $\mathbf{f}_{\text{крит}}$ = 60%), с блока **AEROTRONIC** уходит сигнал на включение вентиляторов и открывание заслонок и клапанов приточных устройств типа **AEROMAT** (см. главу 6), располагаемых на стенах зимнего сада и кровельных вытяжных устройств **AEROJET** или **AEROSTAR** (рис.10.2.2.3).



Рис.10.2.2.3. Вытяжные кровельные устройства. Внешний вид. А) AEROJET; б) AEROSTAR

При включении приточных и вытяжных устройств осуществляется интенсивное проветривание помещения зимнего в режиме принудительной вентиляции (рис.10.2.2.4) в течение определенного интервала времени. Проветривание будет осуществляться в непрерывном или прерывистом режиме до тех пор, пока значения контролируемых параметров не достигнут нижнего значения, запрограммированного на управляющем блоке **AEROTRONIC.**

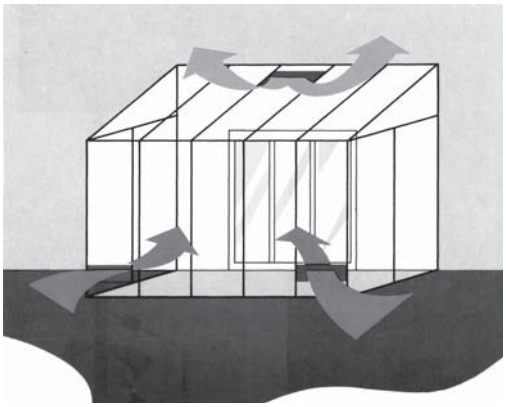


Рис.10.2.2.4. Схема принудительной вентиляция зимнего сада за счет группы стеновых и кровельных приборов. Воздух удаляется из верхней – наиболее перегретой зоны помещения.

При необходимости в системе **SI-WIGa-Bus-System** в качестве приточных элементов могут быть задействованы окна, управляемые электроприводами дистанционного открывания (рис.10.2.2.5), а на крыше зимнего сада установлен блок метеостанции – **AEROTRONIC Wetter-station** (рис.10.2.2.6), предназначенной для считывания параметров наружного климата и оснащенной устройством для измерения скорости ветра, датчиком дождя и датчиком солнечной радиации. При помощи блока **AEROTRONIC Wetter-station** осуществляется интегрированная работа приточно-вытяжных устройств и системы затенения кровли при помощи дополнительных солнцезащитных устройств – маркиз (рис.10.2.2.7).

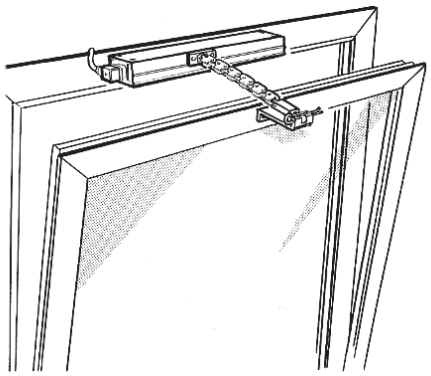


Рис.10.2.2.5. Использование электроприводов в системе принудительной вентиляции для открывания окон.

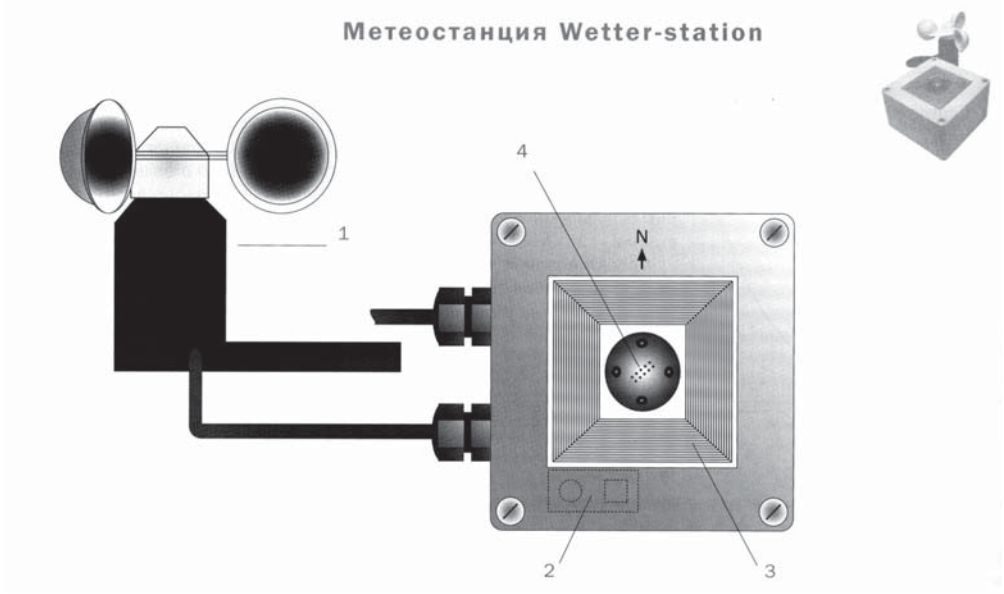


Рис.10.2.2.6. Метеостанция AEROTRONIC Wetter-station. Общий вид.

1 – устройство для измерения скорости ветра; 2 – датчик температуры и влажности; 3 – датчик дождя; 4 – датчик солнечной радиации, ориентированный по четырем сторонам света.

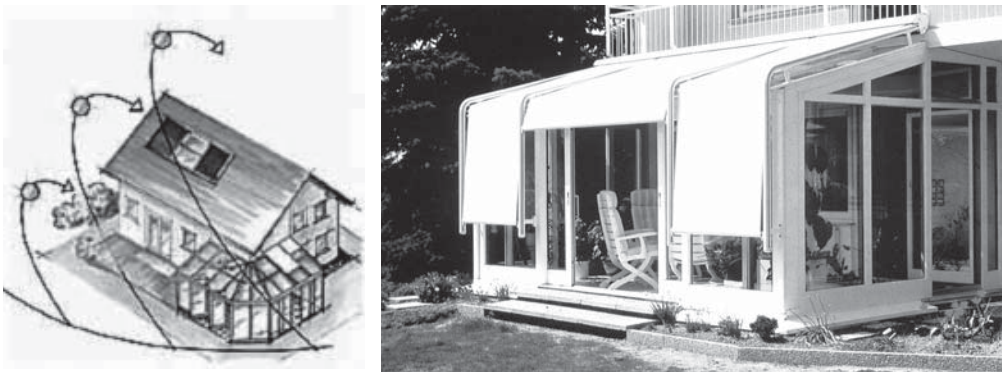


Рис.10.2.2.7. Автоматизированный контроль за степенью облученности поверхностей зимнего сада солнечной радиацией и затенение кровли зимнего сада маркизами

При ураганном ветре или дожде метеостанция подает сигнал на управляющий блок **AEROTRONIC,** с которого в свою очередь уходит сигнал на закрытие всех открытых люков и окон, подключенных к распределительному блоку **AEROTRONIC Fenstermodul** (см. поз.5 рис.10.2.2.2).

Датчик солнечной радиации считывает данные о наличии прямого облучения солнечными лучами какой-либо из стен зимнего сада в зависимости от их ориентации и положении Солнца на его траектории в данный момент времени (рис.10.2.2.6а). Сигнал подается на управляющий блок **AEROTRONIC,** с которого уходит команда на закрытие маркиз (затенение) зимнего сада на стороне, подверженной воздействию прямого солнечного облучения. Управление открытием-закрытием маркиз осуществляется

при помощи распределительного блока **AEROTRONIC Beschattungsmodul** (см. поз.6 рис.10.2.2.2), к которому могут быть подключены три маркизы.

Дополнительные солнцезащитные приспособления могут быть выполнены как в наружном, так и во внутреннем вариантах. В частности, на рис.10.2.2.1 показан вариант внутреннего затенения – с использованием солнцезащитного тента. Солнцезащитные конструкции, как правило, выполняются из композитных тканевых материалов, основу которых составляют переплетенные нити из стекловолокна, с оболочкой на основе ПВХ или акрила. Как и у всех композитов, стекловолокно в данном случае обеспечивает разрывную прочность, необходимую для мобильных штор, подверженных частым переменным нагрузкам, а ПВХ – стойкость к УФ солнечному излучению, предохраняя тент от выгорания. Переплетение нитей выполняется таким образом, чтобы 10 … 20 % естественного дневного света проникало в помещение, создавая эффект мягкого затенения.

10.3. СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ МЕЖКОМНАТНЫЕ ПЕРЕГОРОДКИ.

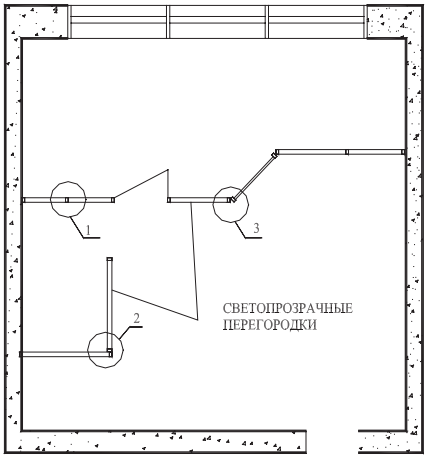


Рис. 10.3.0.1. Пример установки светопрозрачных перегородок в помещении. План.

Светопрозрачные перегородки относятся к группе витражных конструкций по конструктивной схеме и характеру воспринимаемых нагрузок. Такие перегородки могут устанавливаться в любом помещении, где по замыслу архитектора необходимо сохранить единый объем, воспринимаемый зрительно, при этом функционально разделенный на две или более части.

В настоящее время на российском рынке в основном нашли применение наиболее простые решения, связанные с установкой светопрозрачных перегородок в небольших помещениях административных зданий, за счет чего они получили название «офисных перегородок» (рис. 10.3.0.1).

Вместе с тем, возможности современных оконных систем, выполняющих в таких перегородках функции несущих элементов, позволяют получить самые разнообразные решения как по статике, так и по архитектурно-композиционным возможностям. Светопрозрачные перегородки на основе современных оконных систем позволяют разделять помещения больших объемов, в них могут быть установлены прозрачные материалы, альтернативные стеклу (поликарбонат, оргстекло, прозрачный ПВХ и т.п.), а также различные белые и цветные пластики и сэндвич-панели.

Принципиальное отличие «офисных перегородок» от всех других видов остекления заключается в том, что они являются ***внутренними ограждающими конструкциями.*** К ним не предъявляются требования по теплозащите, воздухонепроницаемости и устойчивости к атмосферным воздействиям. Для них не нормируется коэффициент светопропускания τ, а требования к светопрозрачности как таковой полностью определяются дизайнерскими решениями интерьера и противопожарными нормами.*

- Согласно нормам проектирования для различных зданий и сооружений, все пути эвакуации должны быть освещены естественным светом. К таким помещениям можно отнести, например, протяженный коридор административного здания, по обе стороны которого расположены рабочие помещения.

Вместе с тем, в зависимости от функционального назначения, для светопрозрачных перегородок может быть сформулирована группа специальных требований, принципиально характерная для тонкостенных конструкций, в целом. Все эти требования могут быть перечислены в виде следующих основных положений:

- статическая устойчивость и отсутствие избыточных прогибов из плоскости;
- устойчивость к динамическим нагрузкам, возникающим при открывании и закрывании дверей, установленных в перегородке, а также к различным вибровоздействиям (при наличии таковых);
- стабильность качества поверхностей, устойчивость к запылению, а также к различным химическим воздействиям (при установке перегородок в помещениях с агрессивной средой);
- звукоизоляция, необходимая для работы в данном конкретном помещении;
- огнестойкость и ударопрочность.

По схеме восприятия нагрузок и технологии возведения перегородки на основании профильных систем можно подразделить на две основные группы.

1. Перегородки *блочного типа,* собираемые при помощи соединительных профилей и усилителей из отдельных сварных ПВХ-рамных модулей.
2. Перегородки, представляющие собой *аналог фасадных конструкций,* собираемых на основании профилей импостов и усилителей, или на основании профилей фасадной системы (система офисных перегородок Rehau S 701). При этом все элементы крепятся между собой при помощи механических соединителей.

Перегородки, выстраиваемые по типу фасадных конструкций, более изящны. Они гораздо более устойчивы по отношению к динамическим нагрузкам. При необходимости могут быть легко переделаны на месте строителями без дополнительного заказа конструкций в цеху. Вместе с тем, их монтаж несравненно более трудоемок по сравнению с блочными. Исключение составляет лишь случай стесненного пространства, когда предварительно изготовленные рамы сложно доставить к месту установки.

На рис.10.3.0.2 – 10.16 приведены варианты решения конструктивных деталей перегородок различного типа. Следует отметить, что ***те же принципы, как правило, применяются при застеклении небольших фасадов*** при условии решения вопросов, связанных с промерзанием и температурными деформациями.

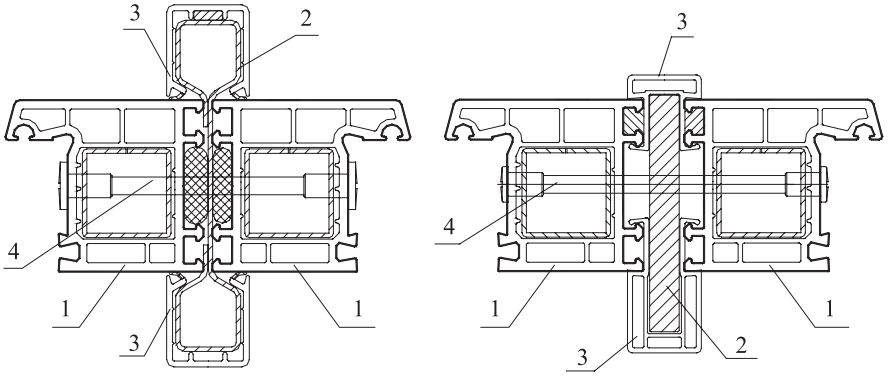


Рис. 10.3.0.2. а. Конструктивные решения светопрозрачных перегородок блочного типа. Система (Veka Euroline AD). Деталь 1 к рис. 10.3.0.1

1 – профиль рамы с армированием, 2 – соединительные усиливающие профили, 3 – крышки соединителей, 4 – стягивающий болт

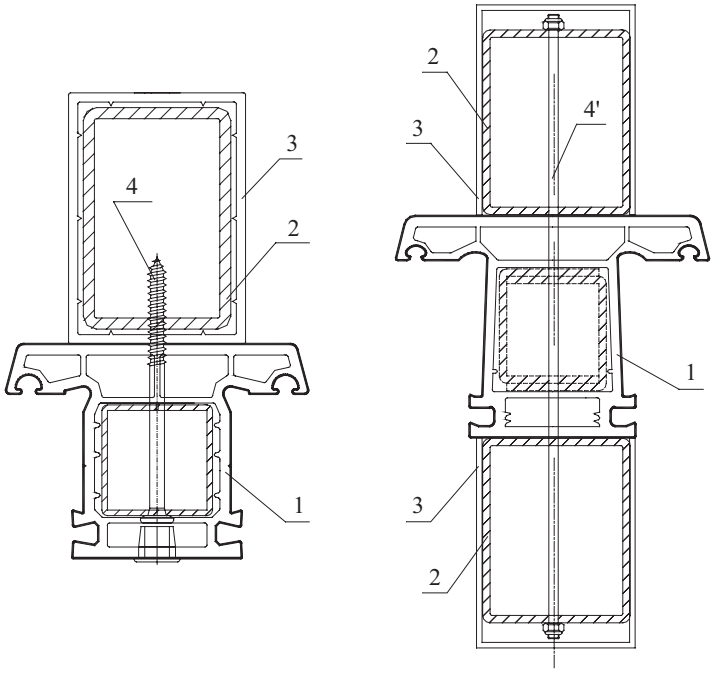


Рис.10.3.0.2б. Конструктивные решения светопрозрачных перегородок на основании импостов и усилителей. Деталь 1 к рис. 10.13

а) с односторонним усилением (система Veka Softline AD). 2) с двухсторонним усилением.

1 – профиль импоста с армированием, 2 – усиливающие профили, 3 – крышки усилителей, 4 – саморез, 4’ – стягивающий болт

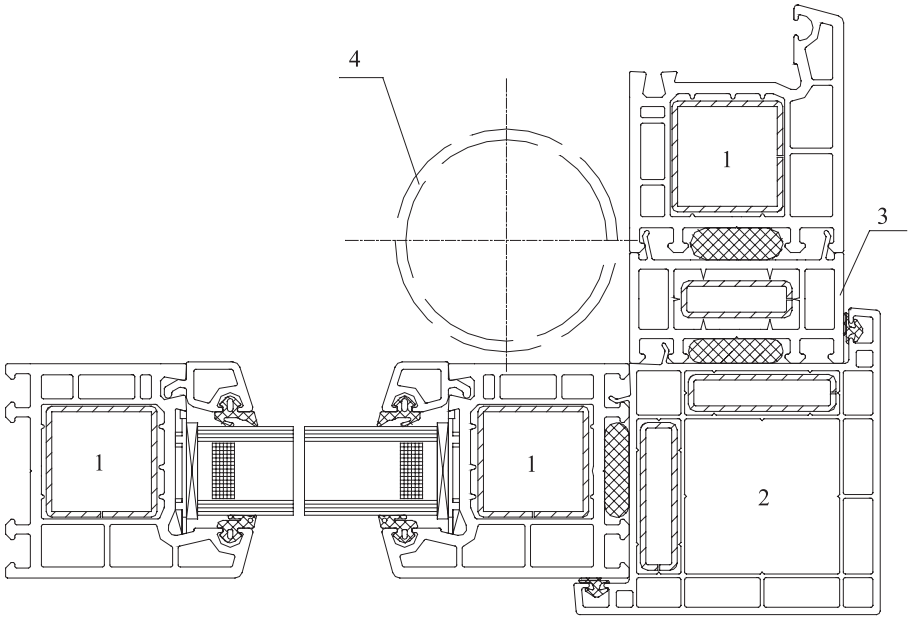


Рис. 10.3.0.3. Конструктивные решения светопрозрачных перегородок блочного типа. Система (Veka Euroline AD). Деталь 2 к рис. 10.3.0.1

1 – профиль рамы с армированием, 2 – поворотный профиль – 90º, 3 – доборный удлинительный профиль, 4 – дополнительная несущая стойка для перегородок большой площади

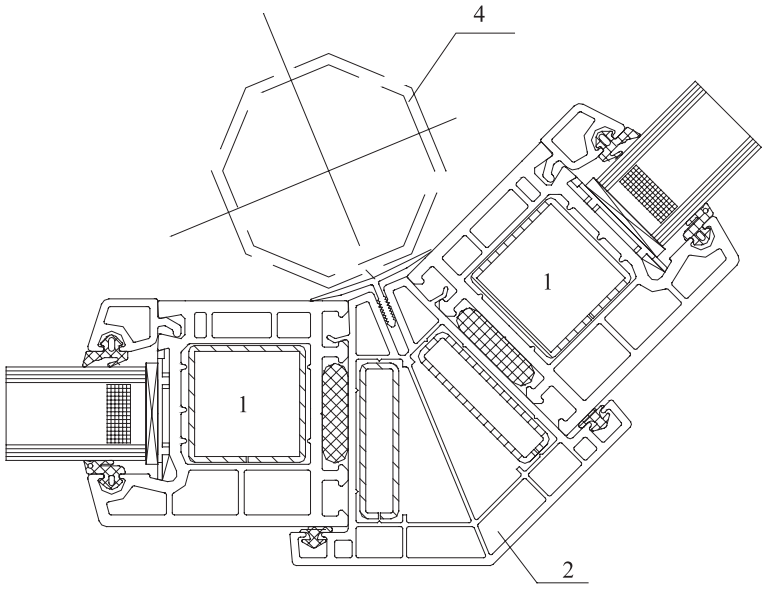


Рис. 10.3.0.4. Конструктивные решения светопрозрачных перегородок блочного типа. Система (Veka Euroline AD). Деталь 3 к рис. 10.3.0.1

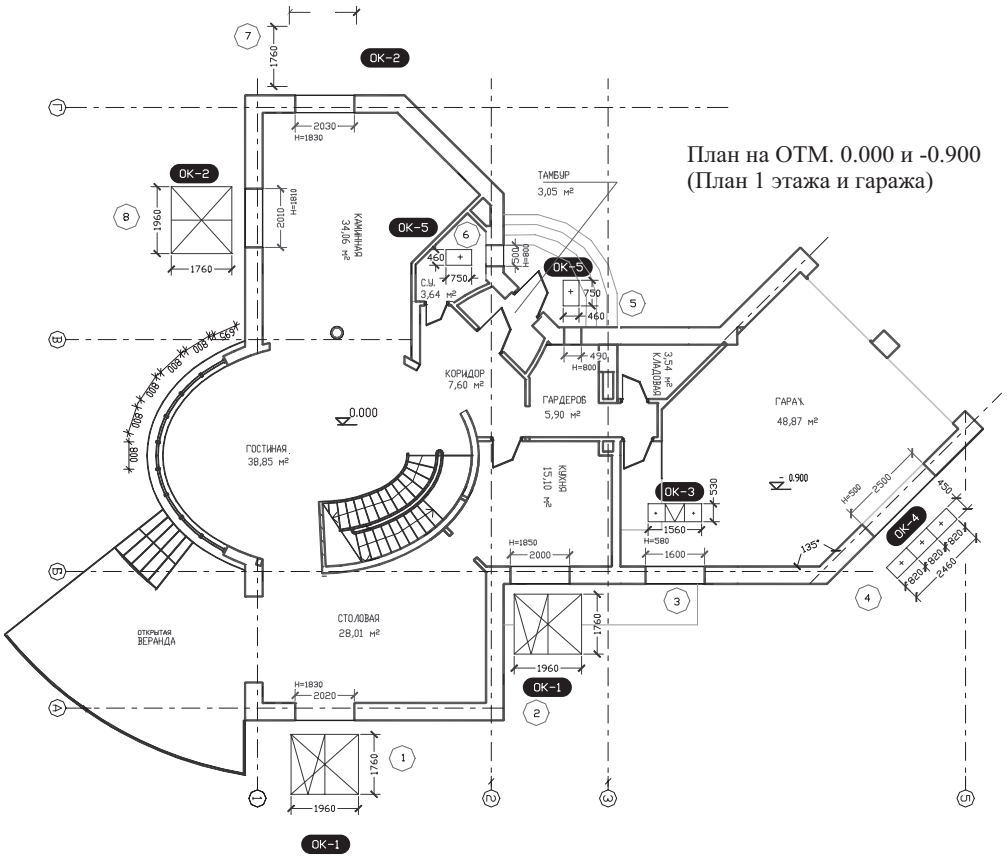
1 – профиль рамы с армированием, 2 – поворотный профиль – 120º, 135º или150º, 4 – дополнительная несущая стойка для перегородок большой площади

Приложение 1.



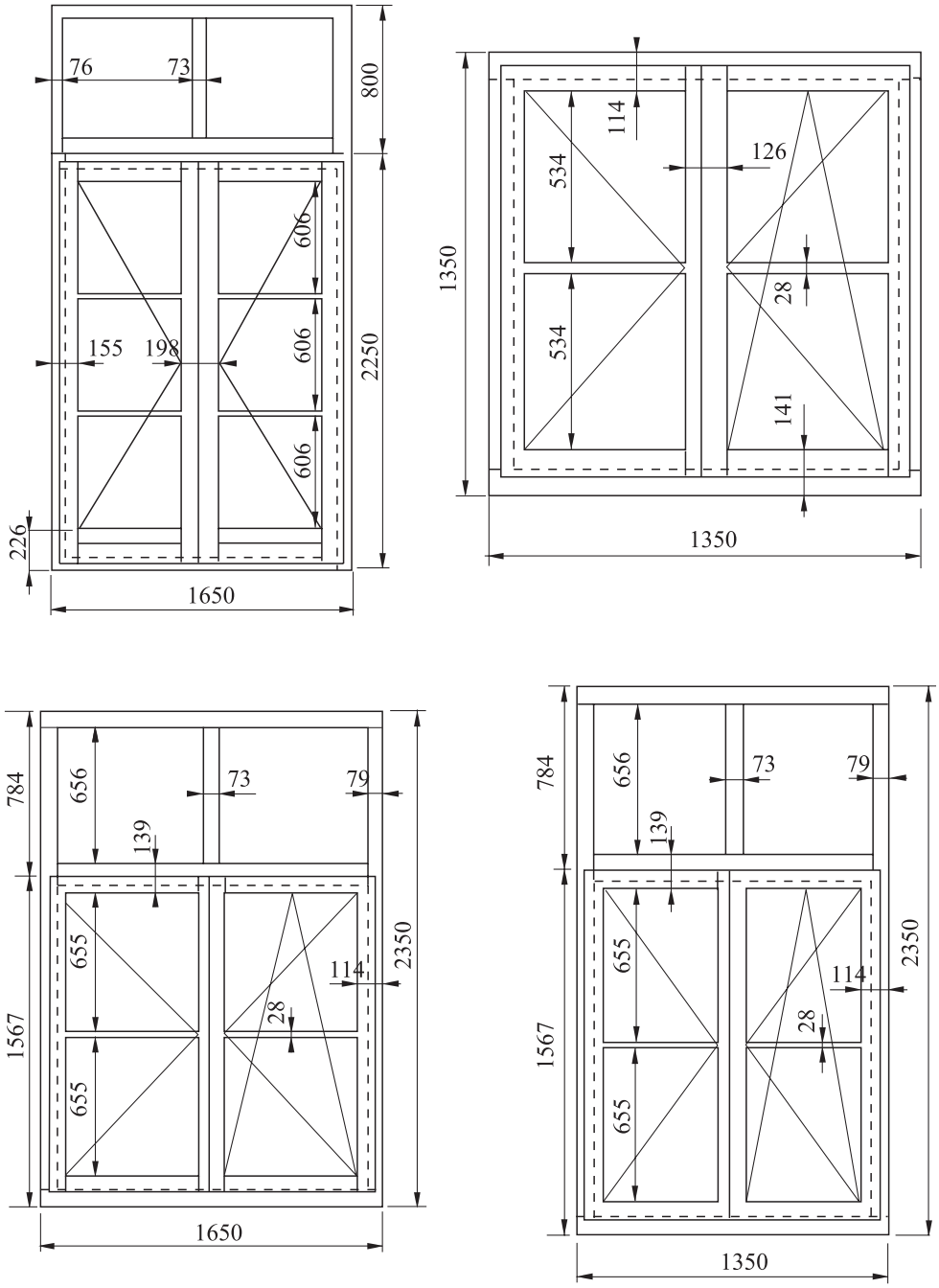
Приложение 2-1.

Пример выполнения поэтажной экспликации оконных блоков на плане здания.



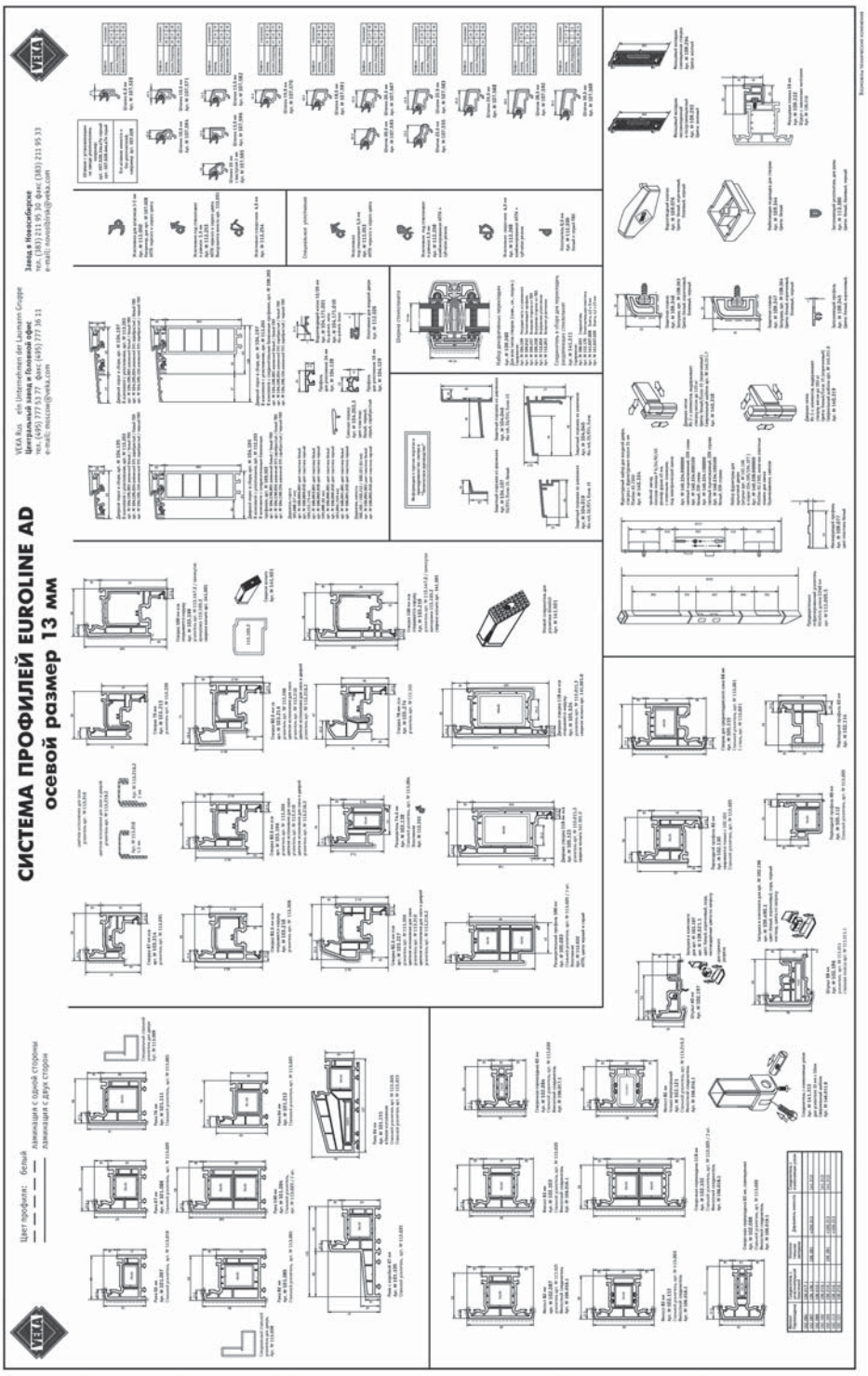
Приложение 2-2.

Пример выполнения архитектурных чертежей оконных блоков



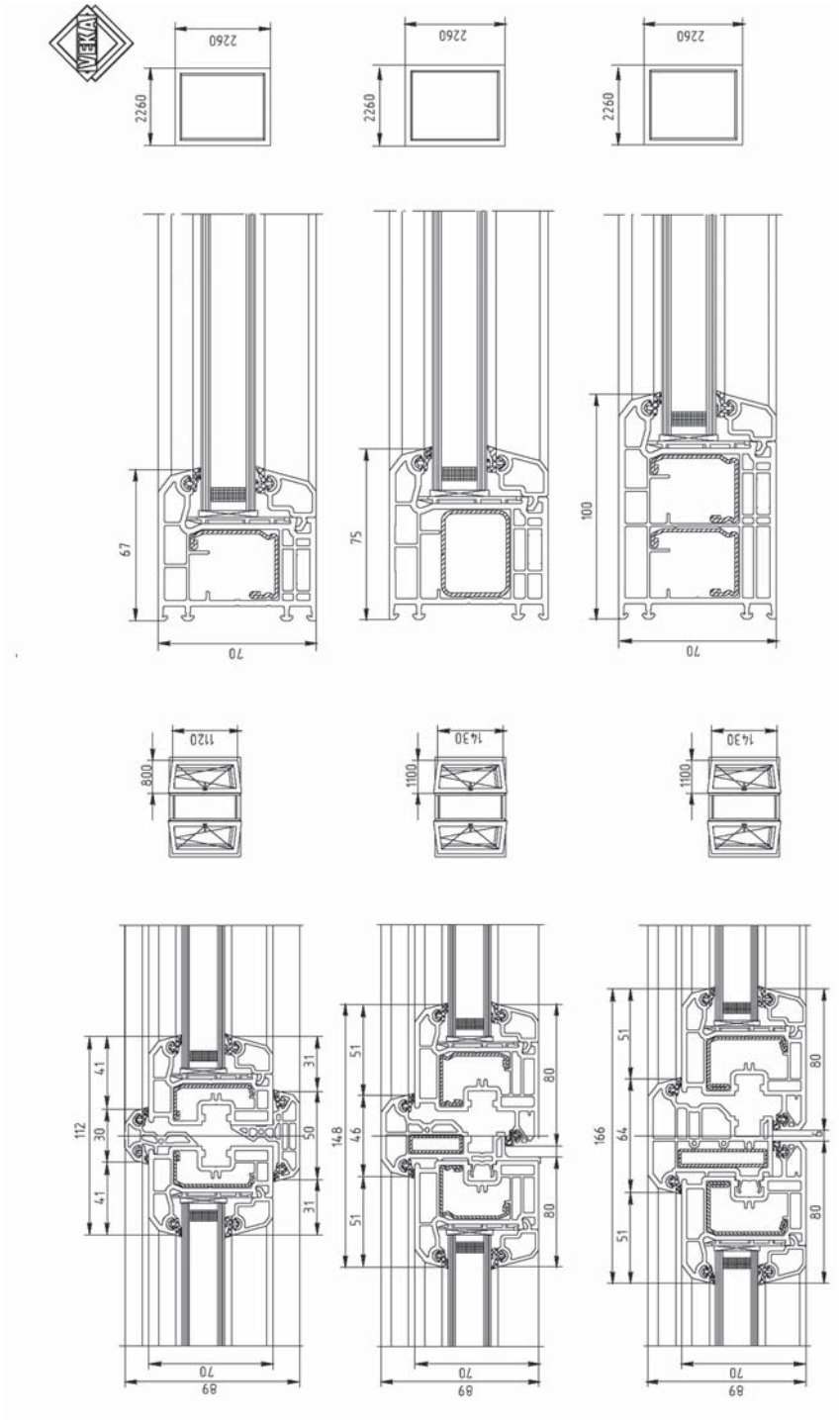
Приложение 3-1.

Приложение 3-2.



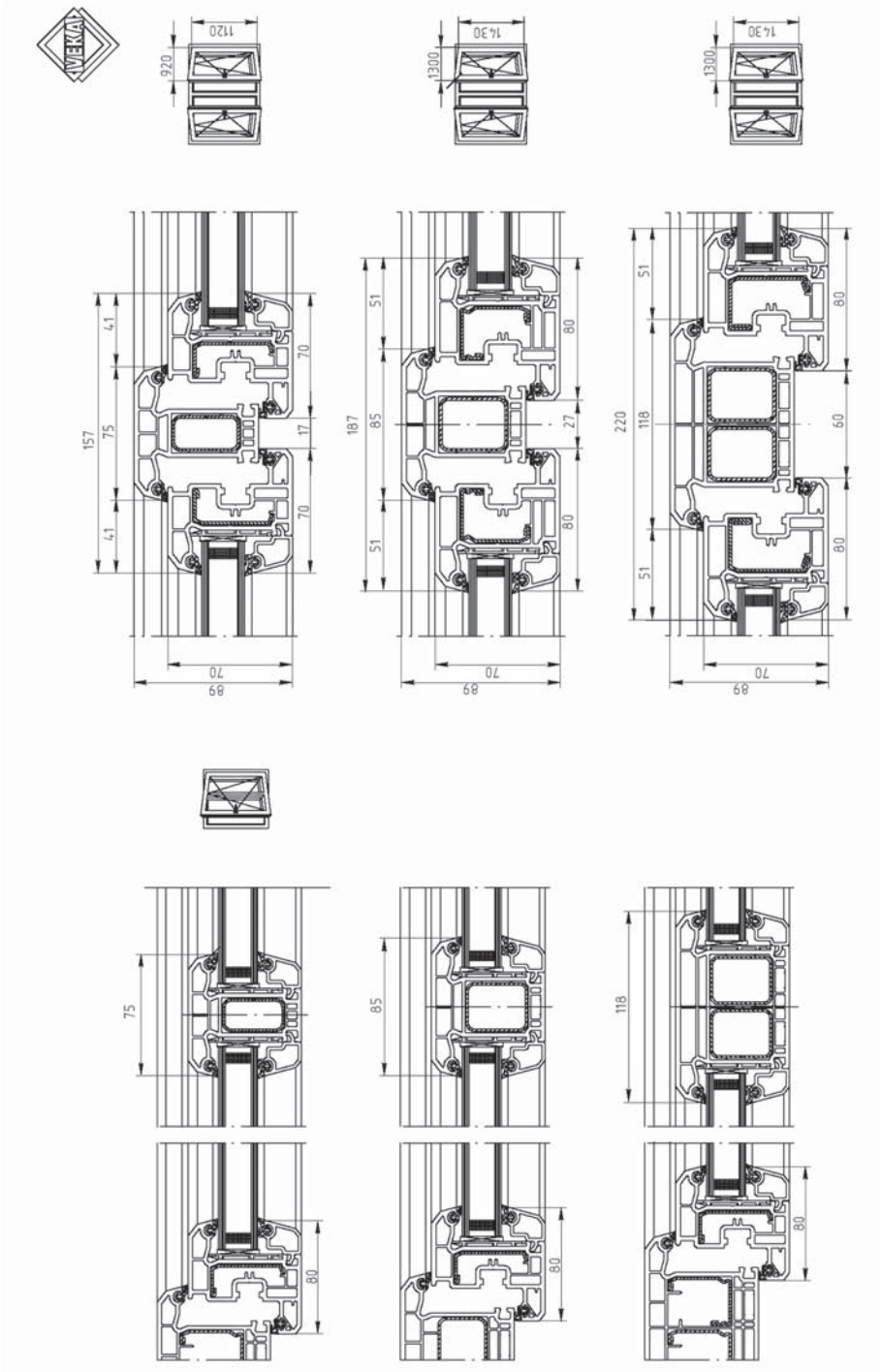
Приложение 4-1.

Примеры возможных комбинаций основных профилей системы VEKA TOPLINE. Оконные блоки.



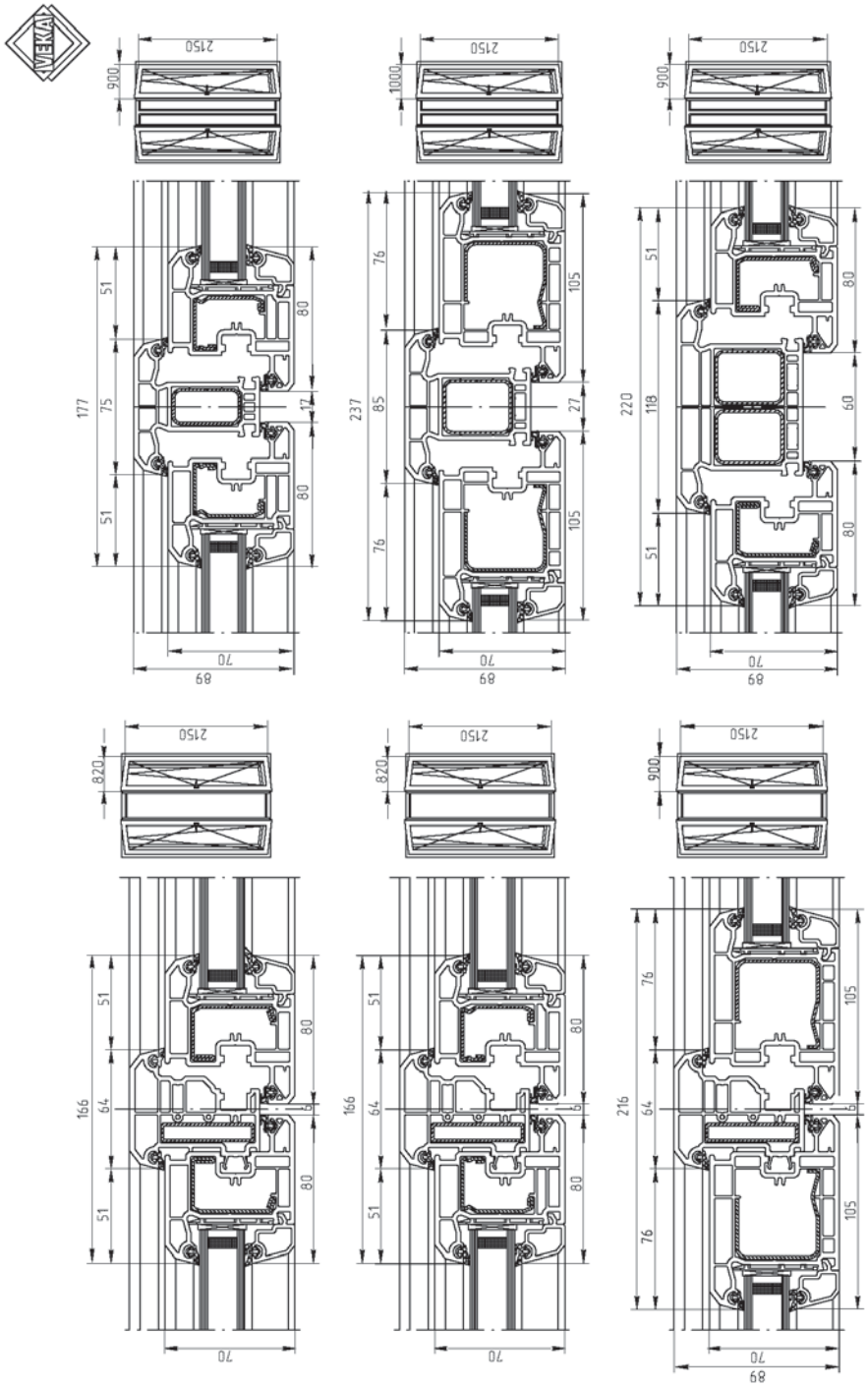
Приложение 4-2.

Примеры возможных комбинаций основных профилей системы VEKA TOPLINE. Оконные блоки.



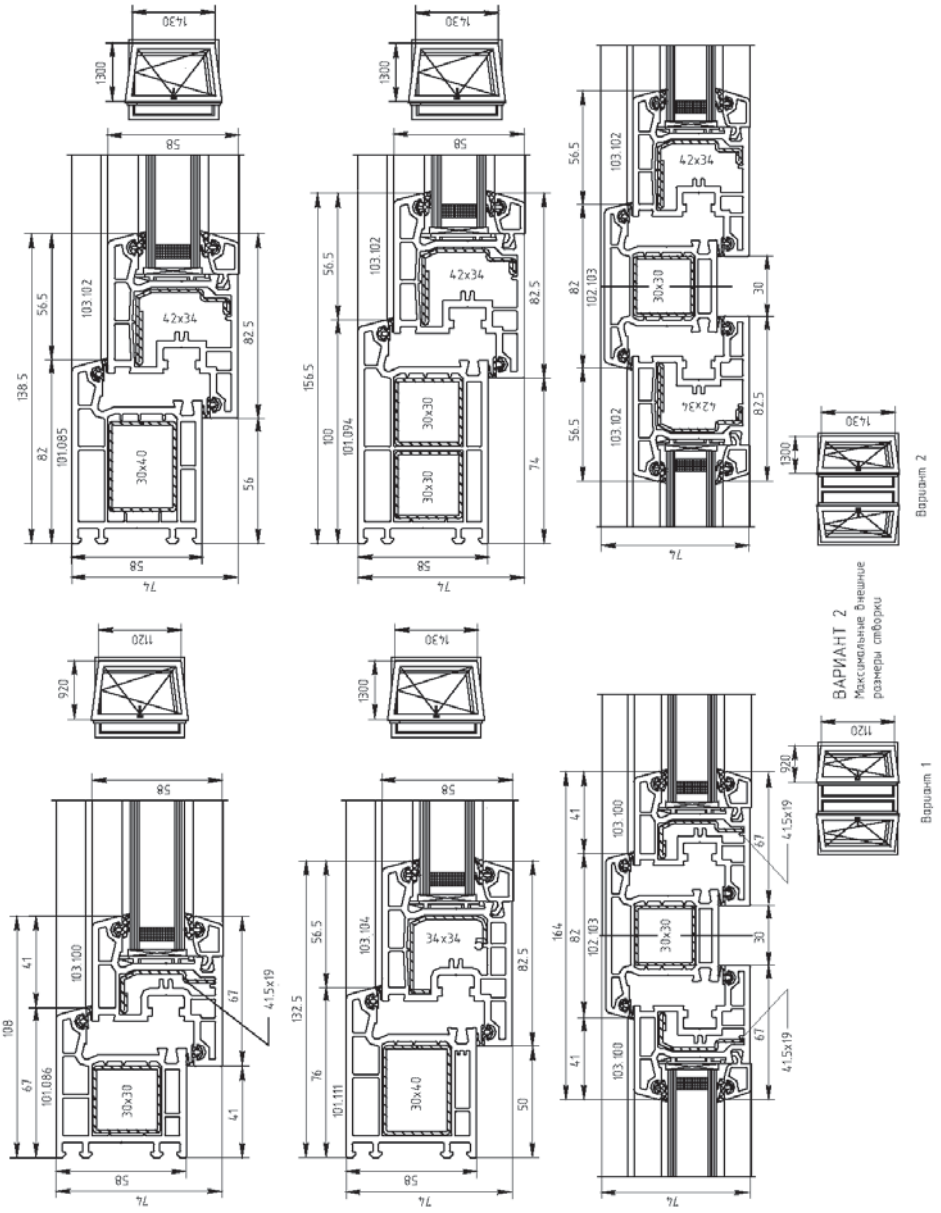
Приложение 4-3.

Примеры возможных комбинаций основных профилей системы VEKA TOPLINE. Дверные конструкции.



Приложение 4-4.

Примеры возможных комбинаций основных профилей системы VEKA EUROLINE. Оконные блоки.



Приложение 4-5

Примеры возможных комбинаций основных профилей системы VEKA EUROLINE. Оконные блоки.

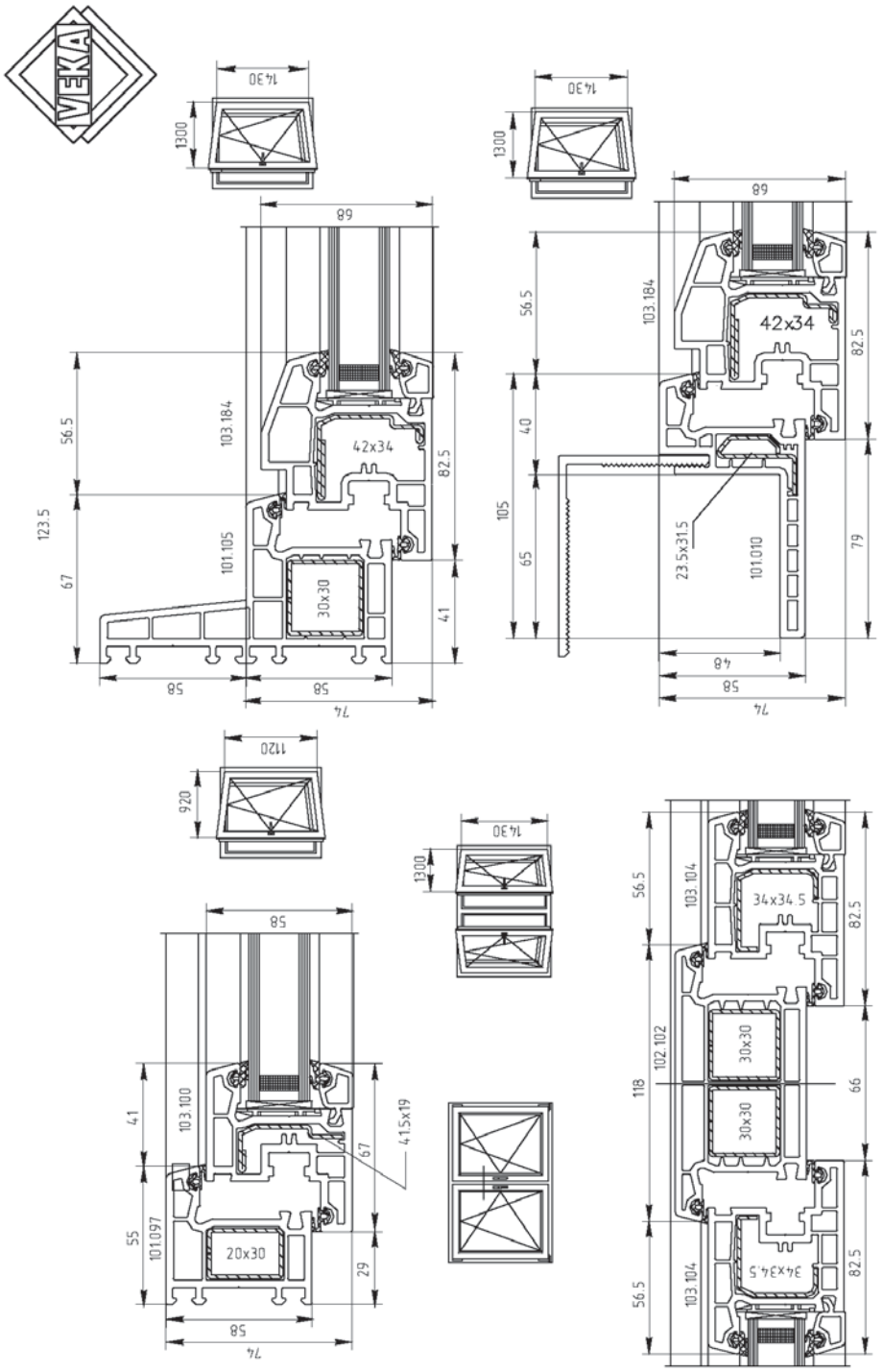
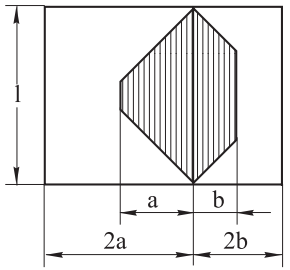


ТАБЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОБХОДИМЫХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ J, СМ^4,
ДЛЯ ПРОЧНОСТНОЙ ГРУППЫ «А»: ВЫСОТА ЗДАНИЯ 0-8 М.
ТАБЛИЦА РАССЧИТАНА НА ВЕТРОВУЮ НАГРУЗКУ W = 0,65 КН/М^2.

Длина пролёта, см	Ширина нагрузки, см																		
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
100	0,22	0,32	0,37	038															
110	0,31	0,49	0,51	0,56															
120	0,40	0,57	0,70	0,77	0,81														
130	0,51	0,73	0,90	1,04	1,09														
140	0,54	0,93	1,20	1,31	1,42	1,53													
150	0,80	1,20	1,42	1,74	1,85	1,96													
160	0,97	1,42	1,85	2,07	2,40	2,51	2,51												
170	1,20	1,74	2,10	2,62	2,94	3,16	3,27												
180	1,42	2,07	2,62	3,16	3,49	3,82	4,03	4,03											
190	1,54	2,40	3,05	3,71	4,25	4,69	4,91	5,01											
200	1,96	2,83	3,60	4,36	5,01	5,56	5,89	6,21	6,21										
210	2,18	3,27	4,25	5,12	5,89	6,64	7,09	7,41	7,52										
220	2,51	3,71	4,91	5,00	5,87	7,63	8,28	8,72	9,05	9,16									
230	2,94	4,36	5,67	5,87	7,96	8,83	9,70	10,2	10,7	10,9									
240	3,27	4,91	6,43	7,85	9,05	10,2	11,1	11,9	12,4	12,8	12,9								
250	3,92	5,76	7,52	9,27	10,8	12,2	13,3	14,3	15,0	15,6	15,8								
260	4,58	6,76	8,94	10,9	12,6	14,4	15,8	17,0	18,0	18,6	19,2	19,3							
270	5,34	7,96	10,4	12,8	14,9	16,9	18,6	20,2	21,6	22,2	22,9	23,2							
280	5,21	9,16	12,0	14,8	17,3	19,6	21,8	23,7	25,1	26,3	27,3	27,7	27,9						
290	7,09	10,6	14,0	17,1	20,1	22,0	25,3	27,5	29,4	30,8	32,0	32,8	33,2						
300	8,18	12,1	15,9	19,6	23,1	26,3	29,2	31,8	34,1	36,0	37,5	38,6	39,2	39,3					
310	9,27	13,8	18,2	22,5	28,4	30,2	33,6	36,6	39,3	41,6	43,5	44,9	45,9	46,3					
320	10,6	15,7	20,7	25,5	30,1	34,4	38,4	42,0	45,1	46,0	50,2	52,1	53,4	54,2	54,5				
330	12,0	17,8	23,4	28,9	34,2	39,1	43,6	47,9	51,5	54,9	57,7	60,0	61,7	62,8	63,4				
340	13,5	20,1	26,5	32,7	38,6	44,3	49,5	54,4	58,8	62,6	65,8	68,7	70,9	72,4	73,4	73,7			
350	15,2	22,6	29,8	36,8	43,5	49,9	55,8	61,4	66,5	71,0	74,9	78,3	81,0	83,1	84,4	85,1			
360	16,9	25,3	33,2	41,3	48,8	56,0	62,9	69,1	75,0	80,2	84,8	88,8	92,1	94,7	96,6	97,7			
370	18,9	28,2	37,3	46,7	54,6	62,8	70,4	77,6	84,3	90,3	95,6	100	104	107	110	111	112		
380	21,0	31,4	41,5	51,3	60,9	70,0	78,7	86,8	94,3	101	107	113	118	121	124	126	129	129	
390	23,3	34,9	46,1	57,0	57,7	77,9	87,6	96,6	105	113	120	126	132	136	141	144	145	148	
400	25,8	38,6	51,1	63,2	75,1	86,4	97,2	107	117	126	134	142	148	154	158	161	164	166	166

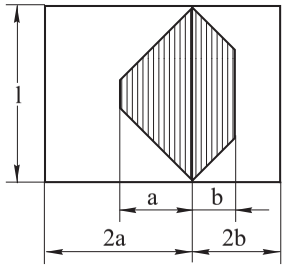


l= длина пролета в см
a= ширина нагрузки в см
b= ширина нагрузки в см

Требуемые моменты инерции стальных усилителей ПВХпрофилей систем VEKA

ТАБЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОБХОДИМЫХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ J, $СМ^4$,
ДЛЯ ПРОЧНОСТНОЙ ГРУППЫ «В»: ВЫСОТА ЗДАНИЯ 8-20 М.
ТАБЛИЦА РАССЧИТАНА НА ВЕТРОВУЮ НАГРУЗКУ $W = 1{,}046$ КН/$М^2$.

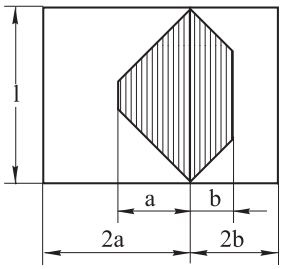
Длина пролёта, см	Ширина нагрузки, см																			
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
100	0,35	0,50	0,59	0,61															
110	0,49	0,68	0,82	0,89															
120	0,54	0,90	1,11	1,24	1,29														
130	0,82	1,17	1,45	1,66	1,74														
140	1,02	1,48	1,92	2,09	2,27	2,44													
150	1,28	1,92	2,27	2,79	2,96	3,14													
160	1,55	2,27	2,96	3,31	3,84	4,01	4,01												
170	1,92	2,79	3,49	4,19	4,71	5,06	5,23												
180	2,27	3,31	4,19	5,06	5,58	6,10	6,45	6,45											
190	2,62	3,84	4,88	5,93	5,80	7,50	7,85	8,02											
200	3,14	4,53	5,76	6,98	8,02	8,89	9,42	9,94	9,94										
210	3,49	5,23	6,80	8,20	9,42	10,5	11,3	11,9	12,0										
220	4,01	5,93	7,85	9,59	11,0	12,2	13,3	14,0	14,5	14,5									
230	4,71	6,98	9,07	11,0	12,8	14,2	15,5	16,4	17,1	17,4									
240	5,23	7,85	10,3	12,5	14,5	16,4	17,8	19,0	19,8	20,4	20,6								
250	6,28	9,24	12,0	14,8	17,2	19,5	21,3	22,9	24,1	25,0	25,3								
260	7,32	10,8	14,3	17,4	20,4	23,0	25,3	27,3	28,8	29,9	30,7	30,8							
270	8,55	12,8	16,6	20,4	23,9	27,0	29,9	32,3	34,6	35,5	36,6	37,2							
280	9,94	14,5	19,2	23,8	27,7	31,4	34,9	37,8	40,1	42,1	43,6	44,3	44,7						
290	11,3	16,9	22,3	27,4	32,0	36,4	40,4	43,9	47,1	49,4	51,2	52,5	53,2						
300	13,1	19,4	25,5	31,4	37,0	42,1	45,8	50,9	54,6	57,6	60,0	61,7	62,8	63,0					
310	14,8	22,1	29,1	36,0	42,2	48,3	53,7	58,6	63,0	66,6	69,5	71,8	73,5	74,1					
320	16,9	25,1	33,1	40,8	48,2	55,2	61,4	67,1	72,2	76,7	80,4	83,4	85,5	86,7	87,2				
330	19,2	28,4	37,5	46,2	54,7	62,6	69,8	76,5	82,5	87,9	92,2	95,9	98,8	100	101				
340	21,6	32,0	42,4	52,3	62,1	70,9	79,1	87,0	94,0	100	105	110	113	116	118	118			
350	24,2	36,1	47,6	59,0	69,5	79,9	89,3	98,2	106	113	120	125	130	133	135	136			
360	27,0	40,4	53,2	66,1	78,2	89,6	101	110	120	129	135	142	147	152	155	156	157		
370	30,2	45,1	59,6	74,7	87,4	100	112	124	135	144	153	160	167	172	177	178	180		
380	33,7	50,2	66,5	82,2	97,4	112	126	138	150	162	172	181	189	194	198	203	206	206	
390	37,3	55,8	73,8	91,2	108	124	141	155	169	181	192	203	211	218	225	230	232	233	
400	41,3	61,7	81,8	101	120	138	156	172	186	203	215	227	238	246	253	258	262	265	265



l= длина пролета в см
a= ширина нагрузки в см
b= ширина нагрузки в см

ТАБЛИЦА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОБХОДИМЫХ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ J, $СМ^4$,
ДЛЯ ПРОЧНОСТНОЙ ГРУППЫ «С»: ВЫСОТА ЗДАНИЯ 20-100 М.
ТАБЛИЦА РАССЧИТАНА НА ВЕТРОВУЮ НАГРУЗКУ $W = 1{,}44\ КН/М^2$.

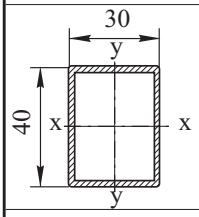
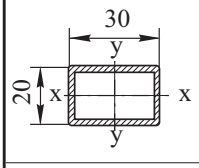
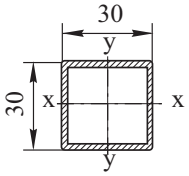
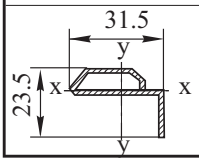
Длина пролёта, см	Ширина нагрузки, см																		
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
100	0,48	0,70	0,82	0,84															
110	0,68	0,94	1,12	1,22															
120	0,88	1,24	1,54	1,70	1,78														
130	1,12	1,60	1,99	2,28	2,40														
140	1,42	2,04	2,64	2,88	3,12	3,36													
150	1,75	2,64	3,12	3,84	4,08	4,32													
160	2,14	3,12	4,08	4,56	5,28	5,25	5,25												
170	2,64	3,84	4,80	5,76	6,47	6,95	7,19												
180	3,12	4,56	5,76	6,95	7,76	8,39	8,87	8,87											
190	3,60	5,28	6,71	8,15	9,35	10,3	10,8	11,0											
200	4,32	6,23	7,91	9,59	11,0	12,2	13,0	13,6	13,6										
210	4,80	7,19	9,35	11,2	13,0	14,4	15,6	16,4	16,6										
220	5,52	8,15	10,8	13,2	15,2	16,8	18,2	19,2	19,9	20,2									
230	6,47	9,59	12,4	15,2	17,5	19,4	21,4	22,6	23,5	24,0									
240	7,19	10,8	14,2	17,2	19,9	22,6	24,4	26,2	27,4	28,0	28,3								
250	8,53	12,8	16,6	20,4	23,8	26,8	29,2	31,4	33,1	34,3	34,8								
260	10,1	14,8	19,6	24,0	28,0	31,6	34,8	37,4	39,6	41,0	42,2	42,4							
270	11,8	17,5	22,8	28,0	32,3	37,2	41,0	44,4	47,5	48,9	50,4	51,1							
280	13,6	20,2	26,4	32,6	38,2	43,2	48,0	52,0	55,2	57,8	60,0	60,9	61,4						
290	15,5	23,2	30,7	37,6	44,1	50,1	55,6	60,4	64,7	67,9	70,5	72,2	73,1						
300	18,0	26,6	35,0	43,2	50,8	57,8	64,3	70,0	75,1	79,1	82,5	84,9	86,3	86,5					
310	20,4	30,4	40,0	49,4	58,0	66,4	73,9	80,6	86,5	91,6	95,7	98,8	101	102					
320	23,2	34,6	45,6	56,1	66,2	75,8	84,4	92,3	99,3	106	110	114	118	119	120				
330	26,4	39,1	51,6	63,5	75,3	86,1	95,9	105	113	121	126	132	136	138	140				
340	29,8	44,1	58,3	71,9	84,9	97,3	109	120	130	137	149	152	156	159	161	162			
350	33,4	49,6	65,5	81,1	95,7	110	123	135	146	156	165	172	178	183	185	187			
360	37,2	55,6	73,1	90,9	107	123	138	152	165	177	186	195	203	208	213	215	216		
370	41,5	62,1	82,0	103	120	138	155	171	185	198	210	220	230	237	242	244	247		
380	46,3	69,1	91,3	113	134	154	173	191	207	222	237	250	259	266	274	278	283	283	
390	51,3	76,7	101	125	149	171	193	213	232	250	264	278	290	300	310	316	319	322	
400	56,8	84,9	112	140	166	190	214	237	256	278	295	312	326	338	348	355	360	364	364



l= длина пролета в см
a= ширина нагрузки в см
b= ширина нагрузки в см

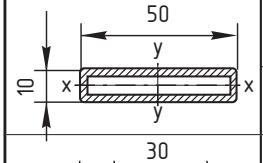
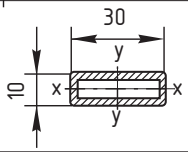
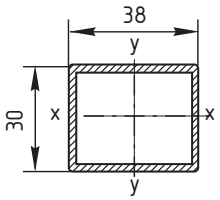
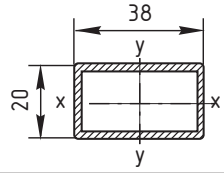
Приложение 6-1а.

СТАЛЬНЫЕ УСИЛИТЕЛИ ДЛЯ РАМ–
СИСТЕМЫ: EUROLINE AD (AD13), TOPLINE AD/SOFTLINE AD

Чертёж	Арт. №	Размер	Значение статистической величины, см^4	Тип усиливаемого профиля
	113.001	30/40/1,5	I_x= 4,65 I_y= 2,95	101.085 101.111
	113.001.2	30/40/2	I_x= 5,70 I_y= 3,62	
	113.001.3	30/40/3	I_x= 8,18 I_y= 5,05	
	113.019	20/30/1,5	I_x= 0,90 I_y= 1,71	101.097 101.118
	113.026	30/30/1,5	I_x= 2,32 I_y= 2,32	101.085 101.094
	113.025.2	30/30/2	I_x= 2,95 I_y= 2,95	101.105
	113.025.3	30/30/3	I_x= 4,00 I_y= 4,00	
	113.181	23,5/31,5/1,5	I_x= 0,35 I_y= 1,16	111.010

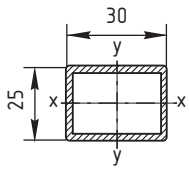
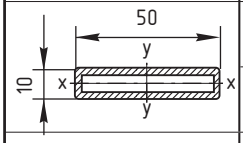
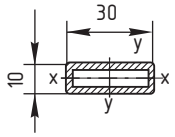
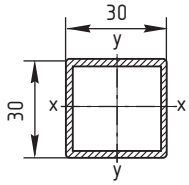
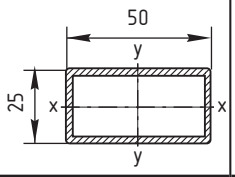
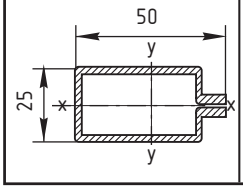
Приложение 6-1б.

Стальные усилители для импостов и поперечин – системы TOPLINE AD/SOFTLINE AD

Чертёж	Арт. №	Размер	Значение статистической величины, см^4	Тип усиливаемого профиля
	113.013	50/10/1,5	I_x= 0,28 I_y= 4,36	102.206 102.217
	113.013.3	50/10 Листовая сталь	I_x= 0,42 I_y= 10,42	
	113.020	30/10/1,5	I_x= 0,17 I_y= 1,10	102.205 102.208 102.209
	113.271	38/30/1,5	I_x= 2,55 I_y= 3,68	102.200 102.202
	113.271.4	38/30/4	I_x= 5,48 I_y= 8,10	
	113.272	38/20/1,5	I_x= 0,98 I_y= 2,68	102.201 102.207

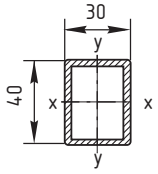
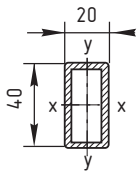
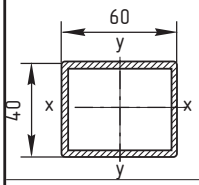
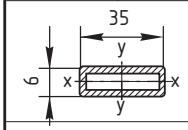
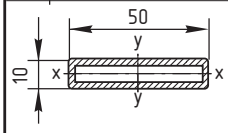
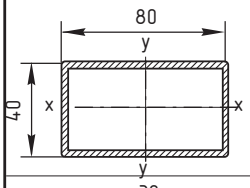
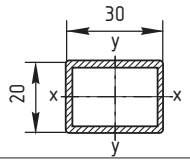
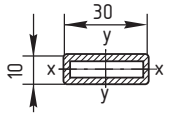
Приложение 6-2.

Стальные усилители для импостов и поперечин – система EUROLINE AD (AD13)

Чертёж	Арт. №	Размер	Значение статистической величины, см^4	Тип усиливаемого профиля
	113.002	30/25/1,5	I_x= 1,51 I_y= 2,02	102.113
	113.002.2	30/25/2	I_x= 1,90 I_y= 2,55	
	113.002.3	30/25/3	I_x= 2,53 I_y= 3,43	
	113.019	50/10/1,5	I_x= 0,28 I_y= 4,36	102.086 102.118
	113.013.3	50/10/	I_x= 0,42 $_y$= 10,42	
	113.020	30/10/1,5	I_x= 0,17 I_y= 1,10	102.084 102.088
	113.025	30/30/1,5	I_x= 2,32 I_y= 2,32	102.087 102.102
	113.025.2	30/30/2	I_x= 2,95 I_y= 2,95	102.103 102.130
	113.025.3	30/30/3	I_x= 4,00 I_y= 4,00	105.083
	113.161.3	50/25/3	I_x= 3,99 I_y= 12,55	102.121
	113.219.3	50/25/3	I_x= 3,34 I_y= 10,15	102.121

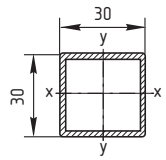
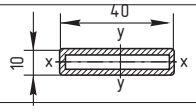
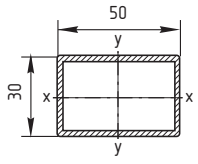
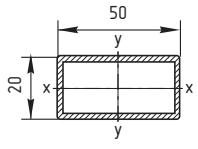
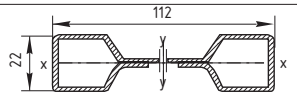
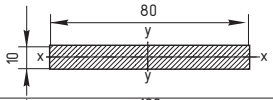
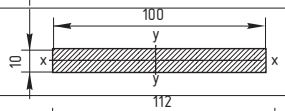
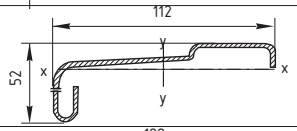
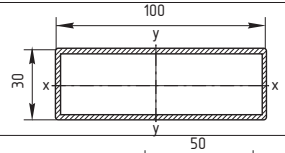
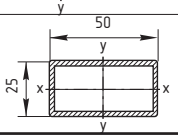
Приложение 6-3.

Стальные усилители для дополнительных профилей – система EUROLINE AD (AD13)

Чертёж	Арт. №	Размер	Значение статистической величины, см^4	Тип усиливаемого профиля
	113.001	30/40/1,5	I_x= 4,65 I_y= 2,95	109.290
	113.001.2	30/40/2	I_x= 5,70 I_y= 3,62	
	113.001.3	30/40/3	I_x= 8,18 I_y= 5,05	
	113.004	20/40/1,5	I_x= 3,49 I_y= 1,15	109.290
	113.004.2	20/40/2	I_x= 4,45 I_y= 1,44	
	113.004.3	20/40/2,5	I_x= 5,31 I_y= 1,68	
	113.011.2	60/40/2	I_x= 10,23 I_y= 19,31	109.081 116.007 114.019
	113.011.3	60/40/3	I_x= 14,32 I_y= 27,39	
	113.012	35/6/1,5	I_x= 0,13 I_y= 0,94	109.014
	113.013	50/10/1,5	I_x= 0,28 I_y= 4,36	116.003 116.029 116.038
	113.013.3	50/10	I_x= 0,42 I_y= 10,42	
	113.015.3	80/40/3	I_x= 18,50 I_y= 55,50	114.003 114.020
	113.019	30/20/1,5	I_x= 0,90 I_y= 1,71	114.005 114.006 109.303
	113.020	30/10/1,5	I_x= 0,17 I_y= 1,10	114.012

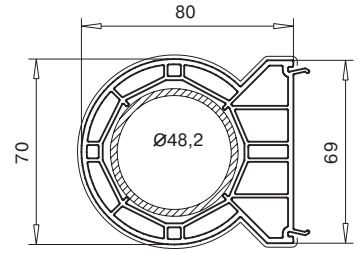
Приложение 6-4.

Стальные усилители для дополнительных профилей – система EUROLINE AD (AD 13)

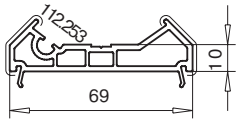
Чертёж	Арт. №	Размер	Значение статистической величины, $см^4$	Тип усиливаемого профиля
	113.025	30/30/1,5	I_x= 2,32 I_y= 2,32	114.011 118.023
	113.025.2	30/30/2	I_x= 2,95 I_y= 2,95	118.024
	113.025.3	30/30/3	I_x= 4,00 I_y= 4,00	
	113.028	40/10/1,5	I_x= 0,23 I_y= 2,38	116.014 116.015 116.016 116.017
	113.046	50/30/1,5	I_x= 3,54 I_y= 7,89	116.035 116.036
	113.046.2	50/30/2	I_x= 4,50 I_y= 10,20	
	113.046.3	30/30/3	I_x= 5,97 I_y= 13,61	
	113.047	50/20/1,5	I_x= 1,41 I_y= 6,12	109.082
	113.047.2	50/20/2	I_x= 1,76 I_y= 7,86	
	113.047.3	50/20/3	I_x= 2,33 I_y= 10,90	
	113.061	112/22/1,5	I_y= 58,60	116.012
	113.061.1		I_y= 8,17	
	113.120.3	80/10	I_x= 0,67 I_y= 42,67	116.028 116.029 116.044
	113.122.3	100/10	I_x= 0,83 I_y= 83,33	116.028
	113.139.2	122/52/2	I_x= 9,40 I_y= 65,00	Короб рольставней
	113.140.3	100/30/3	I_x= 11,17 I_y= 78,21	114.008
	113.116.3	25/50/3	I_x= 3,99 I_y= 12,55	114.018

Приложение 7-1.

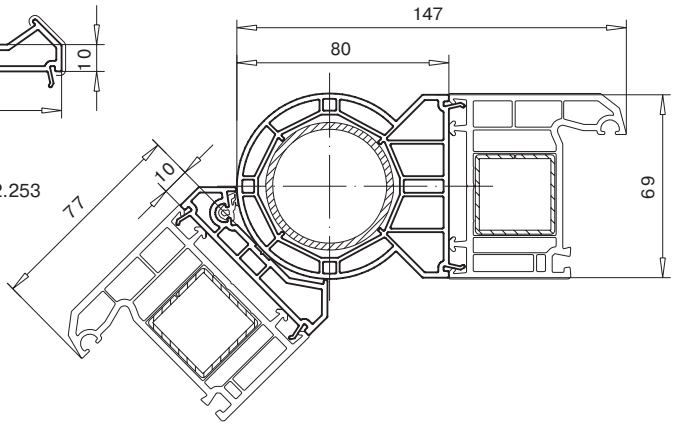
Дополнительные профили

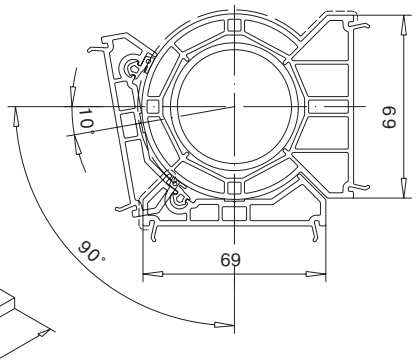


круглый соединитель
арт. №**116.206**
усилитель арт. №113.283.3
толщина стенки 2.5мм
Ix=9,78см4
монтажная пластина арт. №141.410

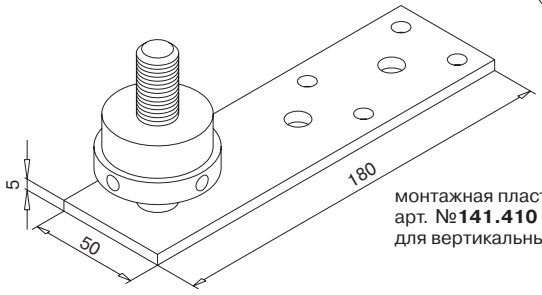


присоед. профиль
арт. №**116.205**
уплотнение арт. №112.253





пленка с одной стороны =
нестанд. цвет
угол 10° - 90°



монтажная пластина
арт. №**141.410**
для вертикальных угловых соединителей

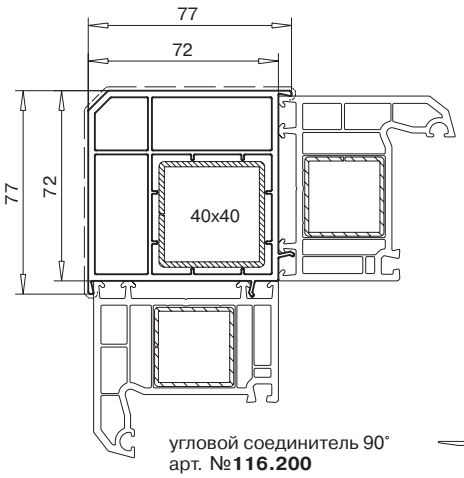
8.16

Исполнение: цвет белый
пленка с одной стороны — — — — пленка с двух сторон ————

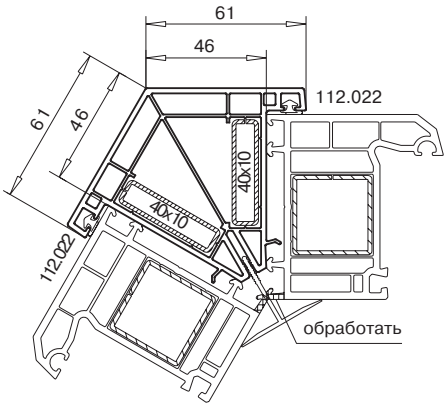
Приложение 7-2.

Дополнительные профили

только вертикальные соединители

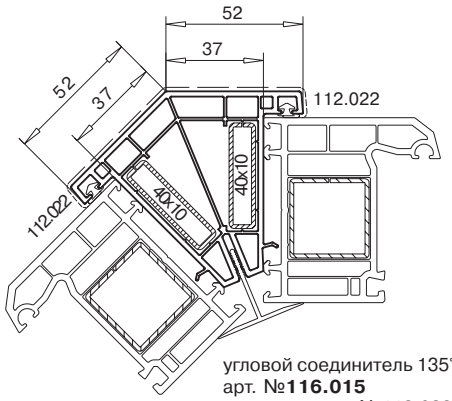


угловой соединитель 90°
арт. №**116.200**
усилитель арт. №113.281.2
Ix=7,20см4, Iy=7,20см4

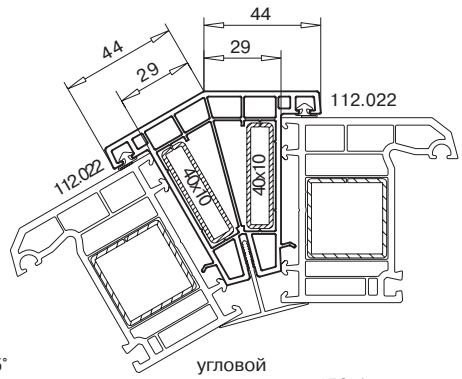


угловой
соединитель 120°*
арт. №**116.016**
усилитель арт. №113.028
Ix=0,23см4, Iy=2,38см4

заглушка
арт. №**116.033**



угловой соединитель 135°
арт. №**116.015**
усилитель арт. №113.028
Ix=0,23см4, Iy=2,38см4

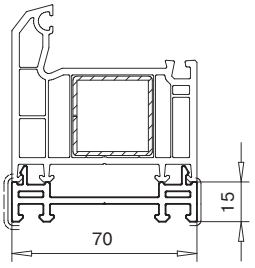


угловой
соединитель 150° *
арт. №**116.017**
усилитель арт. №113.028
Ix=0,23см4, Iy=2,38см4

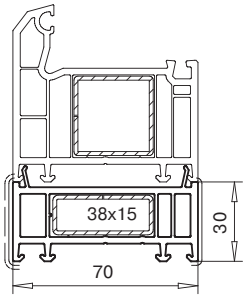
Исполнение: цвет белый
пленка — —— —— —|* пленка по запросу

Приложение 7-3.

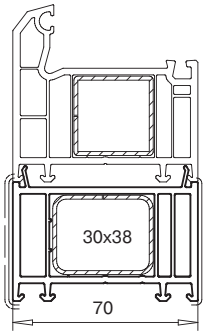
Дополнительные профили



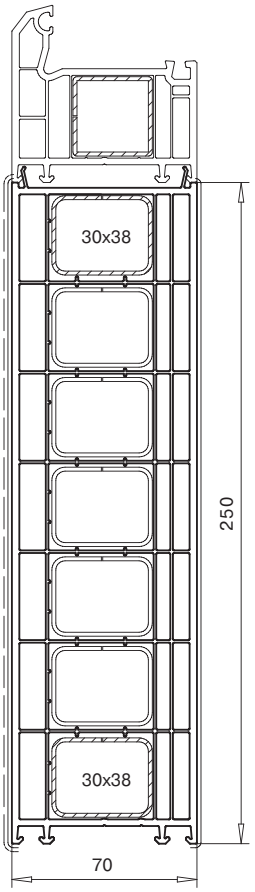
расширитель 15мм
арт. №**114.028**



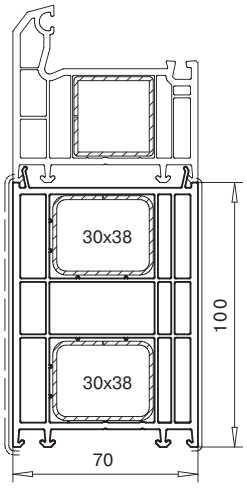
расширитель 30мм
арт. №**114.201**
усилитель арт. №113.073



расширитель 45мм
арт. №**114.202**
усилитель арт. №113.271
усилитель арт. №113.271.4



расширитель 250мм
арт. №**114.205**
усилитель арт. №113.271
усилитель арт. №113.271.4

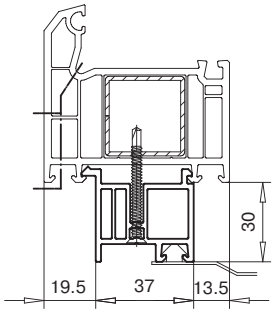


расширитель 100мм
арт. №**114.203**
усилитель арт. №113.271
усилитель арт. №113.271.4

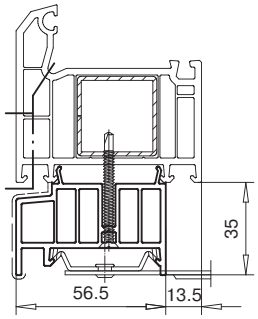
Исполнение: цвет белый
пленка с одной стороны — — — — пленка с двух сторон ————

Приложение 7-4.

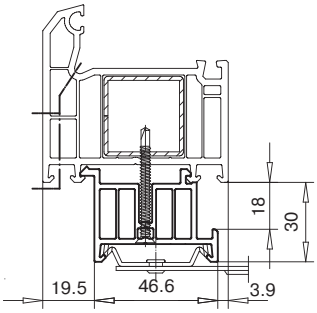
Дополнительные профили



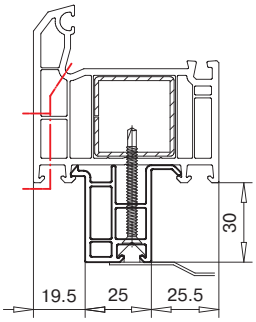
проф. для присоед. слива
арт. №**110.058**
анкер с захватом
арт. №141.137



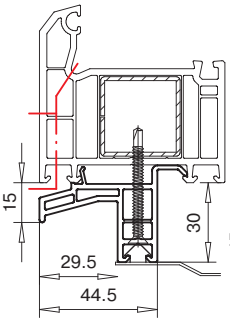
проф. д. присоед. слива
арт. №**110.011**
анкер с захватом
арт. №141.138



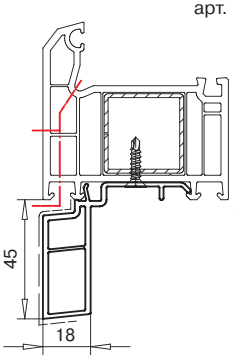
проф. д. присоед. слива
арт. №**110.061**
для слива 18мм,
анкер с захватом
арт. №141.138



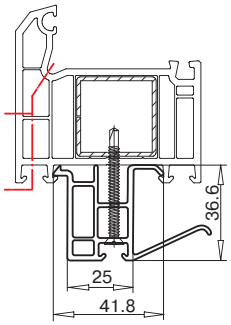
проф. д. присоед. слива
арт. №**110.071**
анкер с захватом
арт. №141.137



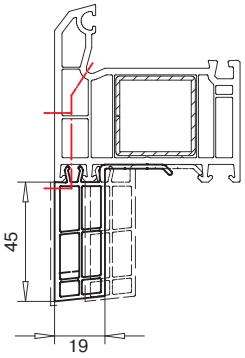
проф. д. присоед. слива
арт. №**110.069***
анкер с захватом
арт. №141.137



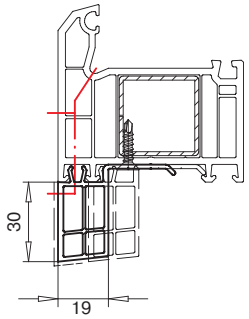
проф. д. присоед.
слива
арт. №**110.070**



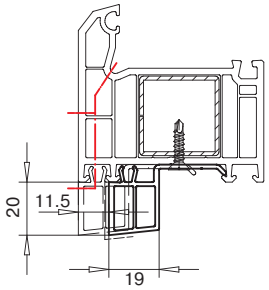
подставочный профиль
арт. № **110.077**



проф. д. присоед. слива
арт. №**110.066**



проф. д. присоед. слива
арт. №**110.067**



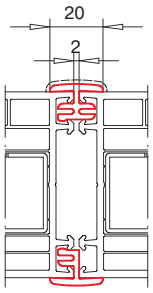
проф. д. присоед. слива
арт. №**110.068**

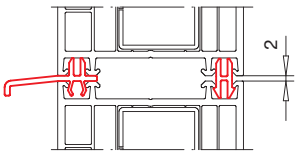
Исполнение: цвет белый
— — — — пленка
* пленка по запросу

Приложение 7-5.

Дополнительные профили

соединительный профиль
мини
арт. №**116.005**
цвет белый

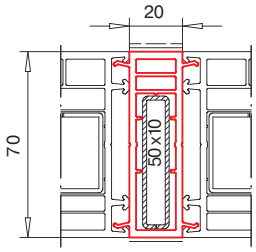




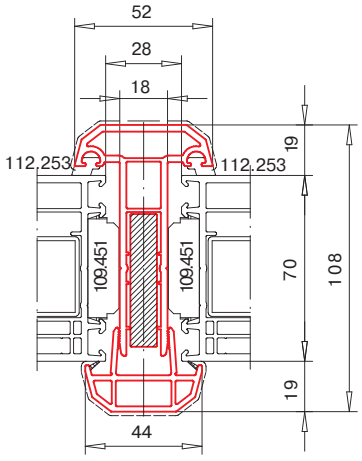
соединительный профиль
мини
отрезан с одной стороны
арт. №**116.005.2**
цвет белый

соединительный
профиль
арт. №**116.053**
цвет белый

соединительный
профиль мини
арт. №**116.030**
цвет: белый, коричневый



соединительный профиль
арт. №**116.201**
усилитель арт № 113.013
Ix=0,28см4; Iy= 4,36см4
полоса арт. №113.013.3
Ix= 0,42см4; Iy= 10,42см4



подвижный соединитель
вертикальный
-внешняя часть
арт. №**116.203**
усилитель арт. №113.013
Ix= 0,28см4; Iy= 4,36см4
полоса арт. №113.013.3
Ix= 0,42см4; Iy=10,42см4

-внутренняя часть
арт. №**116.204**
с уплотнением (экструд.)
цвет черный

Дистанционная
прокладка
арт. №**109.451**
материал: полиамид



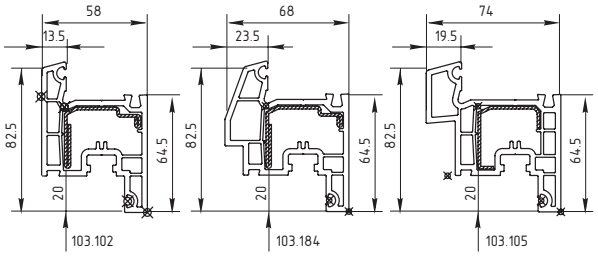
Исполнение: цвет белый
пленка с одной стороны — — — — пленка с двух сторон ————

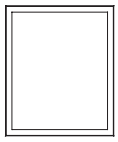
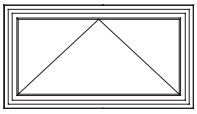
Приложение 8-1а.

Ограничения по габаритным размерам оконных блоков

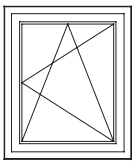
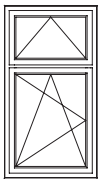
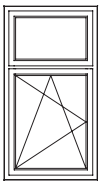
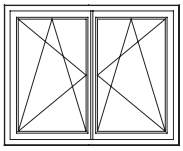
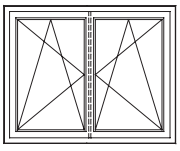
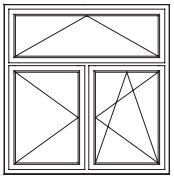
Ограничения по максимальным размерам на основные типы оконных блоков, изготавливаемых из профилей системы VEKA EUROLINE AD (AD 13) для групп ветровой нагрузки А-С

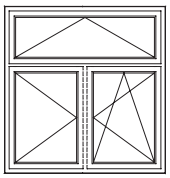
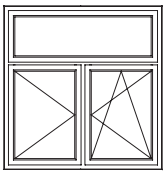
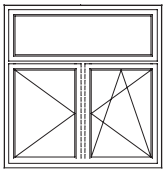
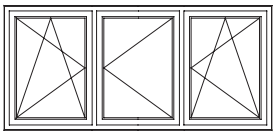
Со створками, изготовленными из профиля высотой 82,5 мм.
Артикулы № 103.104, № 103.105, № 103.184.



№ п/п	Тип окна	Эскиз	Максимальные внешние (общие габаритные) размеры	
			Ширина ***a***, мм	Высота ***b***, мм
1	«Глухое» остекление		2260	2260
2	Одностворчатое нижнеподвесное окно (фрамуга)		2260	900

Приложение 8-1б.

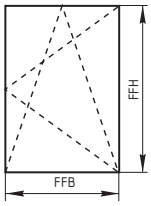
3	Одностворчатое поворотно-откидное окно		1410	1510
4	Одностворчатое поворотно-откидное окно с верхней открывающейся фрамугой		1410	1885
5	Одностворчатое поворотно-откидное окно с верхней неоткрывающейся (глухой) фрамугой		1410	1885
6	Двухстворчатое поворотно-откидное окно с фиксированным (жёстким) импостом		2750	1540
7	Двухстворчатое поворотно-откидное окно с ложным импостом (штульпом)		2320	1540
8	Двухстворчатое поворотное/ поворотно-откидное окно с фиксированным импостом и верхней открывающейся фрамугой		2260	1885

9	Двухстворчатое поворотное/ поворотно-откидное окно с ложным импостом (штульпом) и верхней открывающейся фрамугой		2260	1885
10	Двухстворчатое поворотное/ поворотно-откидное окно с фиксированным импостом и верхней неоткрывающейся (глухой) фрамугой		2260	1885
11	Двухстворчатое поворотное/ поворотно-откидное окно с ложным импостом (штульпом) и верхней неоткрывающейся (глухой) фрамугой		2260	1885
12	Трёхстворчатое поворотно-откидное/ поворотное окно с фиксированными импостами		3150	1540

Приложение 9-1а.

Нагрузочные диаграммы системы FAVORIT SI-LINE

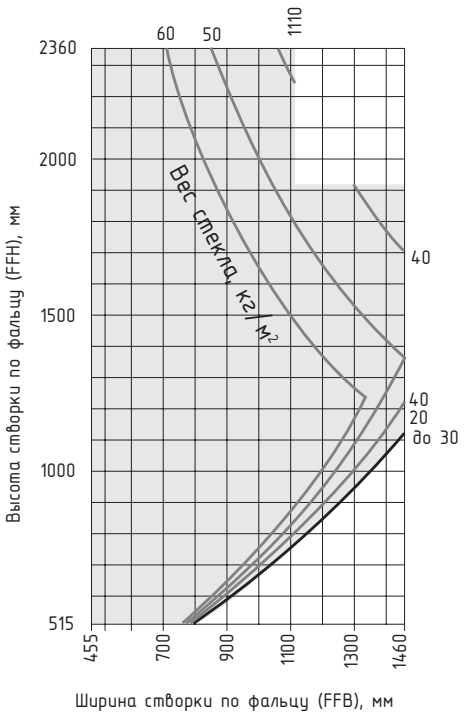
Макс. вес створки – 100 кг



Макс. створка по весу стекла

20 кг/м² (соотв. толщине стекла 8 мм)
до
30 кг/м² (соотв. толщине стекла 12 мм)
40 кг/м² (соотв. толщине стекла 16 мм)
50 кг/м² (соотв. толщине стекла 20 мм)
60 кг/м² (соотв. толщине стекла 24 мм)

1 мм/м² стекла = 2,5 кг



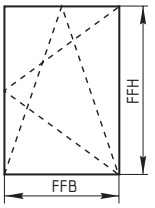
Область применения

	С переменным приводом		С константным приводом	
	Окна	Двери	Окна	Двери
FFB (мм)	455 до 1460	455 до 1110	455 до 1460	455 до 1110
FFH (мм)	515 до 1920	1921 до 2360	515 до 1800	1801 до 2360

Приложение 9-1б.

Нагрузочные диаграммы системы Favorit Si-line

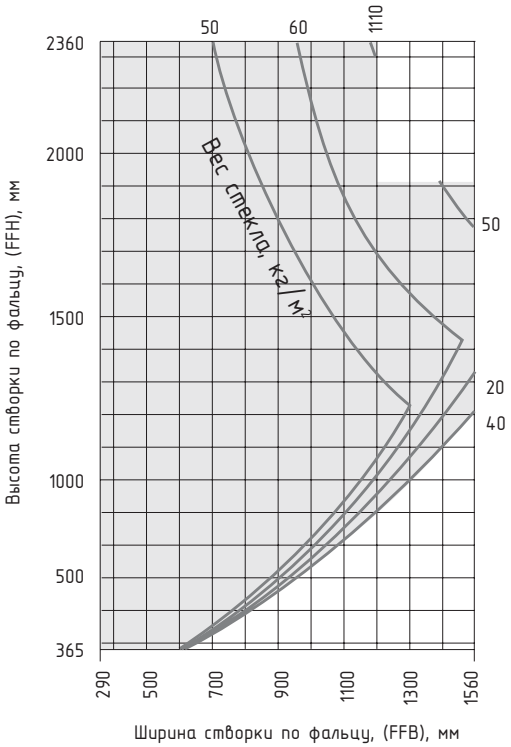
Макс. вес створки – 130 кг



Макс. створка по весу стекла

20 кг/м² (соотв. толщине стекла 8 мм)
40 кг/м² (соотв. толщине стекла 16 мм)
50 кг/м² (соотв. толщине стекла 20 мм)
60 кг/м² (соотв. толщине стекла 24 мм)
80 кг/м² (соотв. толщине стекла 32 мм)

1 мм/м² стекла = 2,5 кг

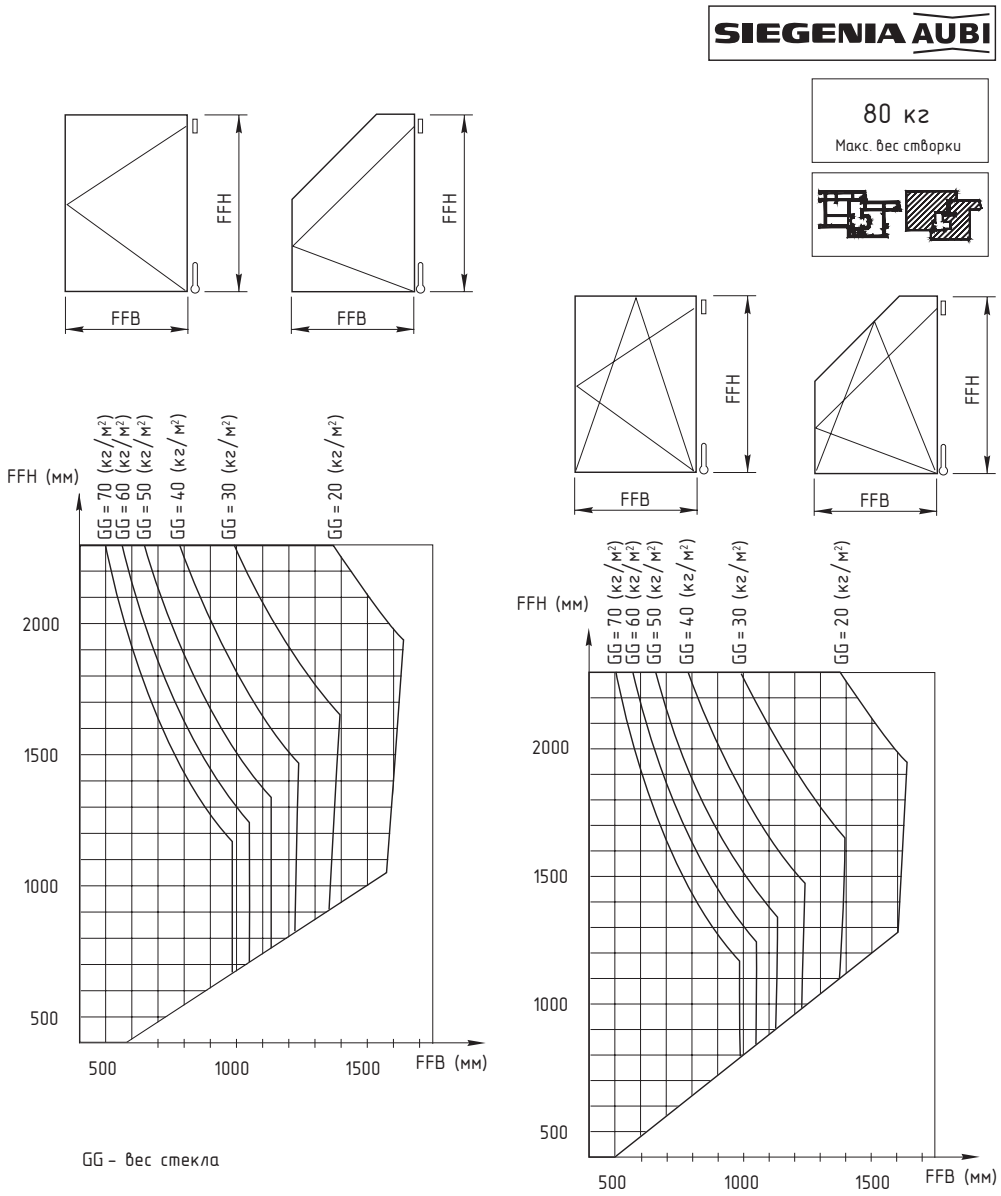


Область применения

	С переменным приводом		С константным приводом	
	Окна	Двери	Окна	Двери
FFB (мм)	290 до 1560	290 до 1110	290 до 1560	290 до 1110
FFH (мм)	480 до 1920	1880 до 2360	365 до 1800	1801 до 2360

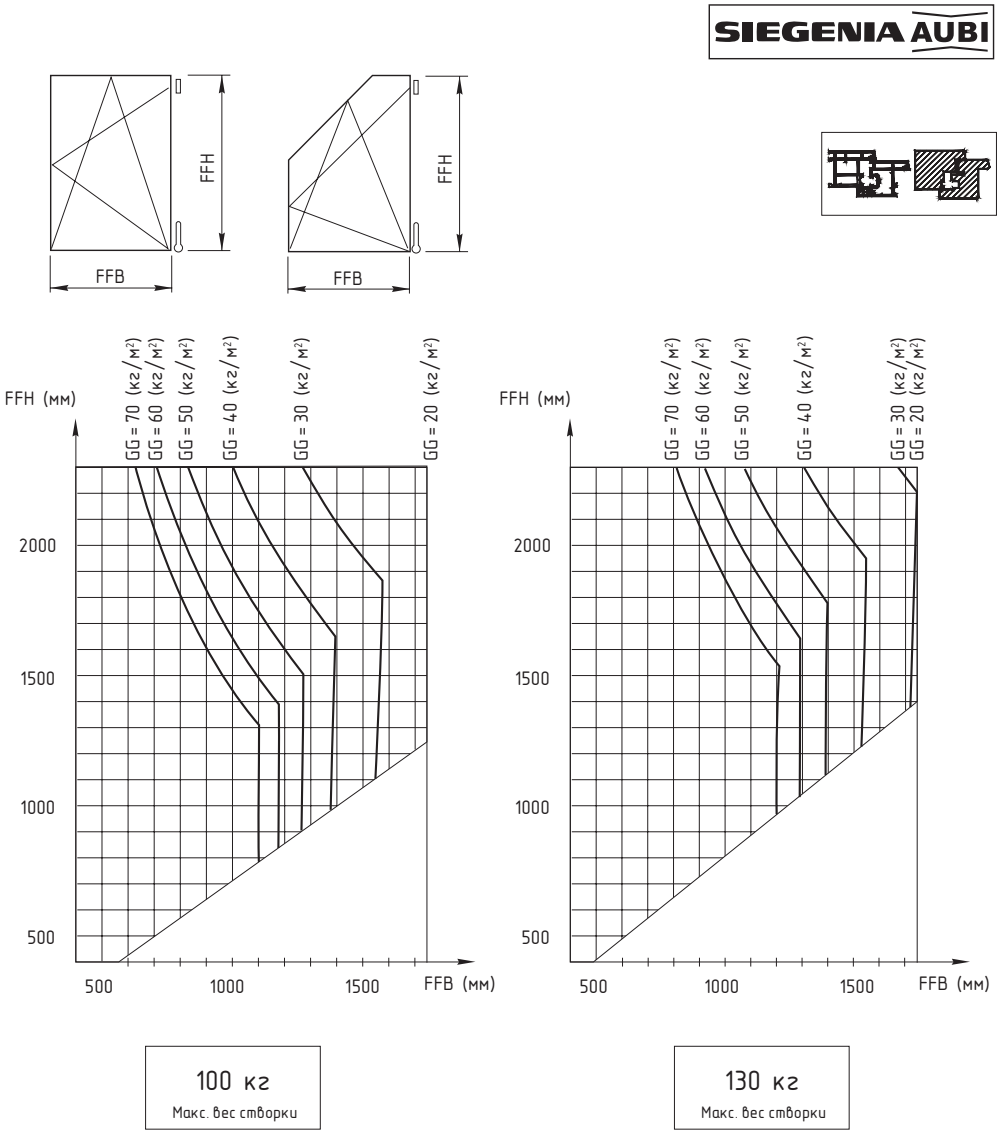
Приложение 9-2а.

Нагрузочные диаграммы системы А 300



Приложение 9-2б.

Нагрузочные диаграммы системы А 300

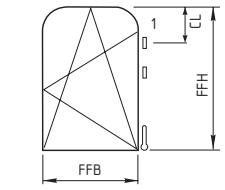


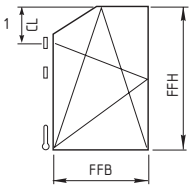
GG – вес стекла

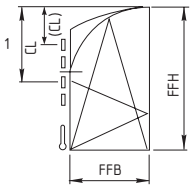
Приложение 9-3 а.

Нагрузочные диаграммы системы А 300

SIEGENIA AUBI

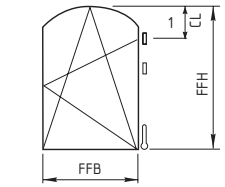


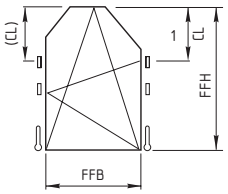


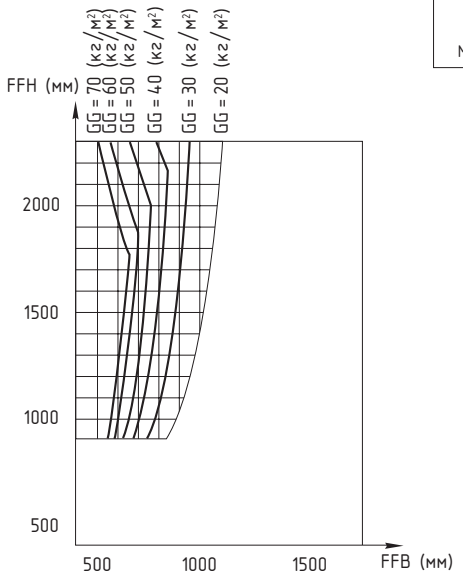




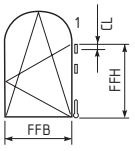
80 кг
Макс. вес створки





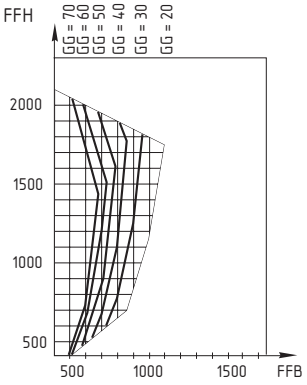


[1] Примечание:
Макс. расстояние от верхней петли
CL max = 400 мм



[1] Примечание:
Макс. расстояние от верхней петли
CL max = 175 мм

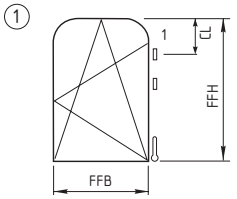
GG – вес стекла

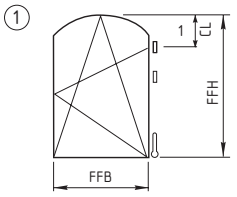


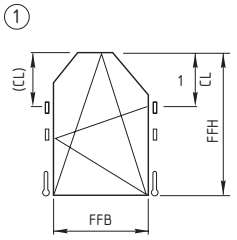
Приложение 9-3б.

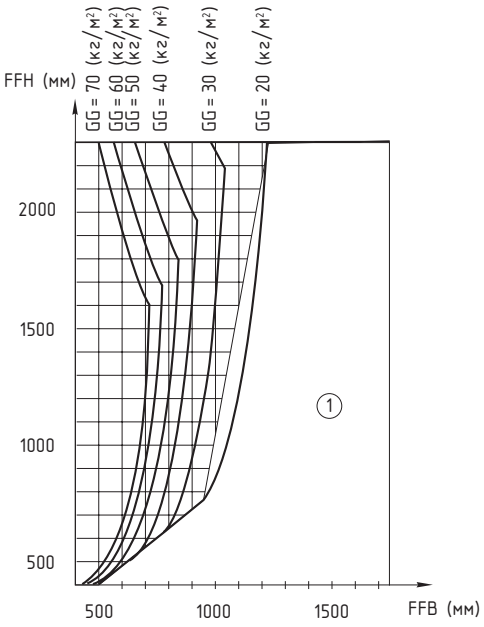
Нагрузочные диаграммы системы А 300

SIEGENIA AUBI





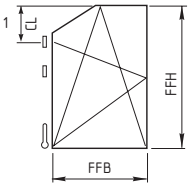


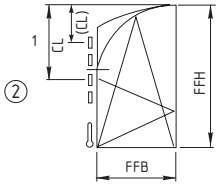


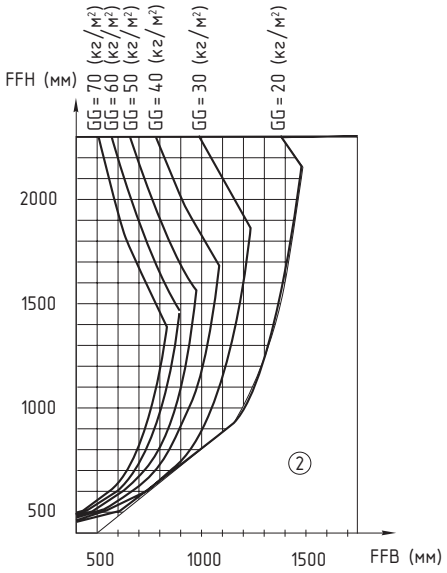


80 кг [5]
Макс. вес створки

[1] Примечание:
Макс. расстояние от верхней петли
CL max =2/5 мм







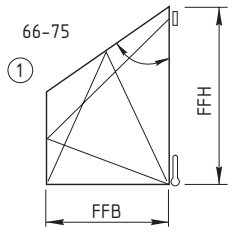
[1] Примечание:
Макс. расстояние от верхней петли
CL max = 400 мм

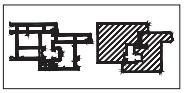
GG - вес стекла

Приложение 9-3а.

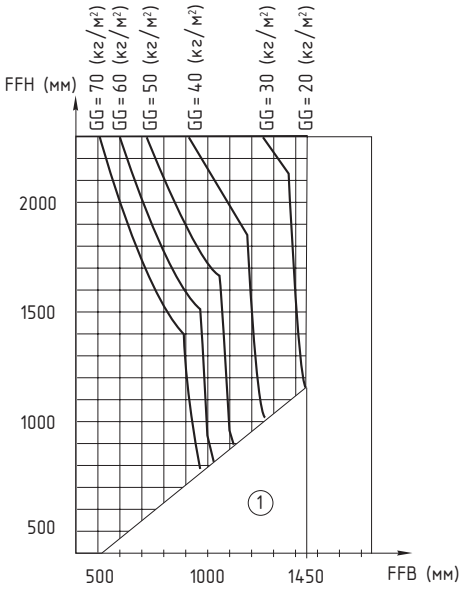
Нагрузочные диаграммы системы А 300

SIEGENIA AUBI

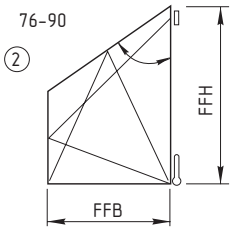


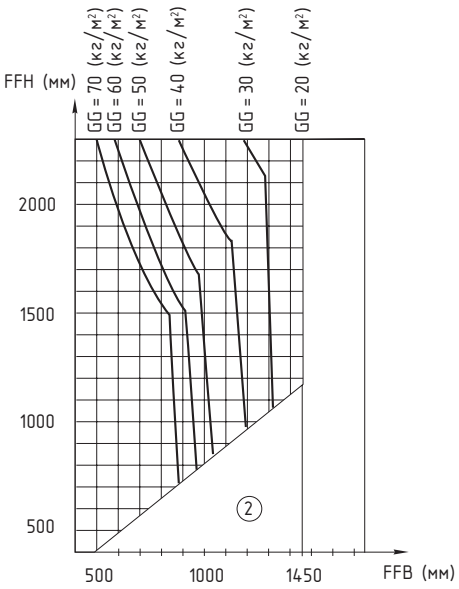


6
80 кг
Макс. вес створки



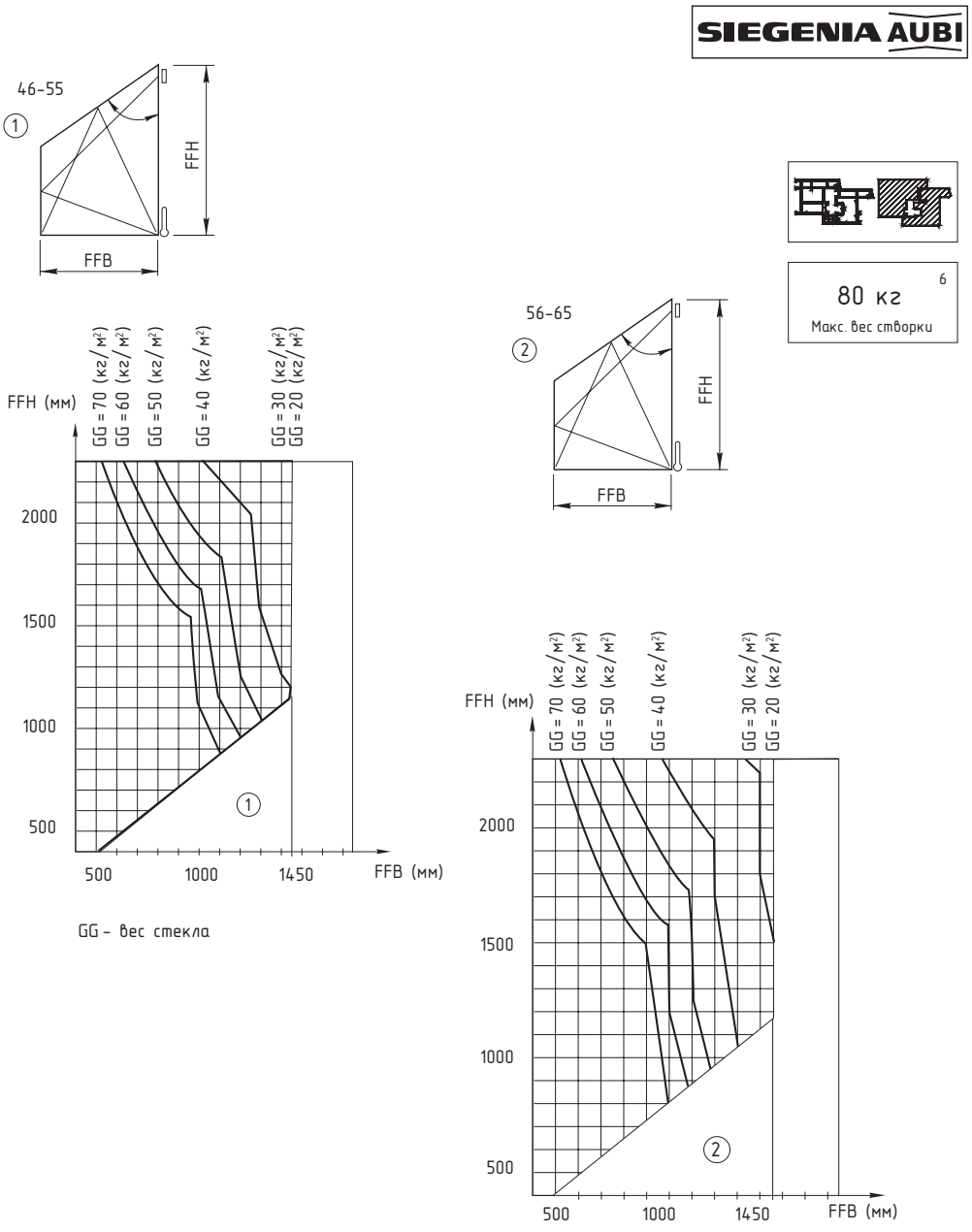
GG - вес стекла





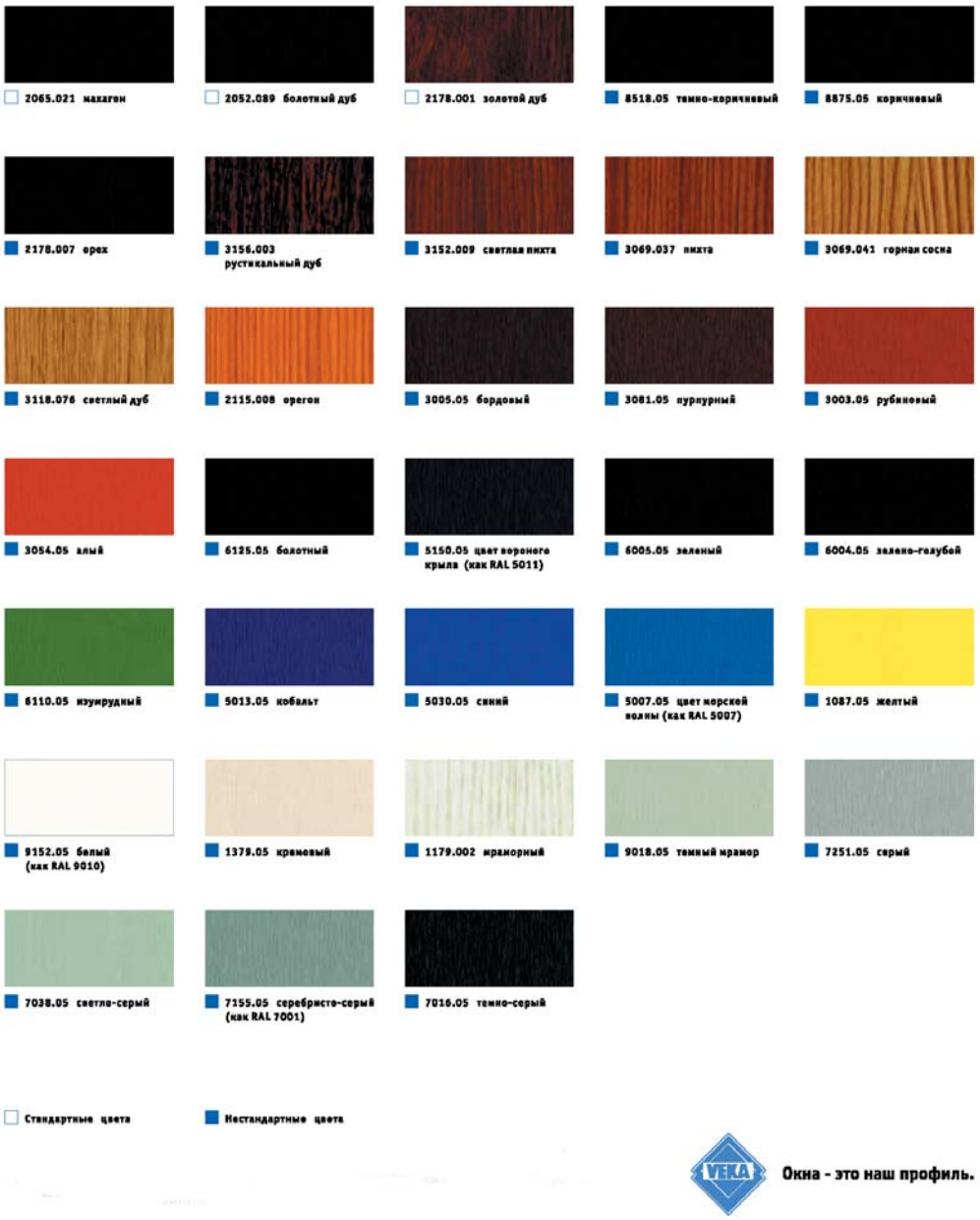
Приложение 9-3б.

Нагрузочные диаграммы системы А 300



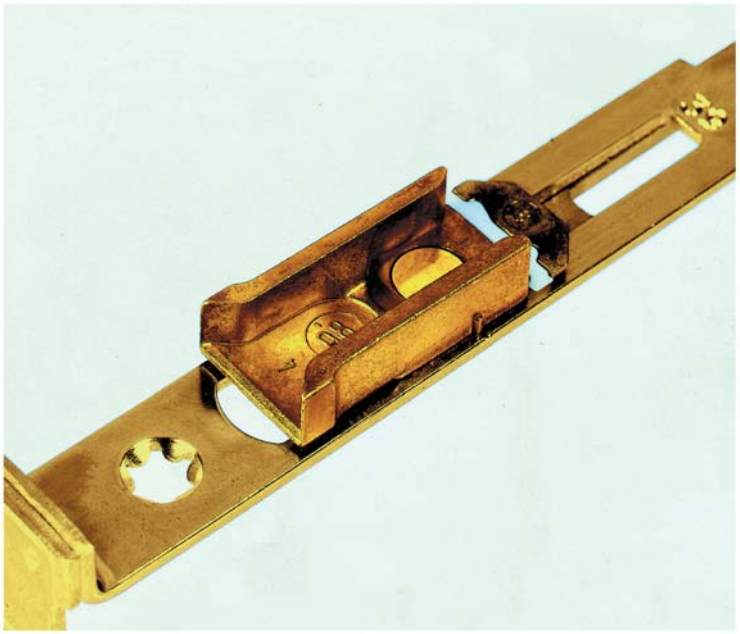
Приложение 10-1

Цветовые решения профильных систем VEKA

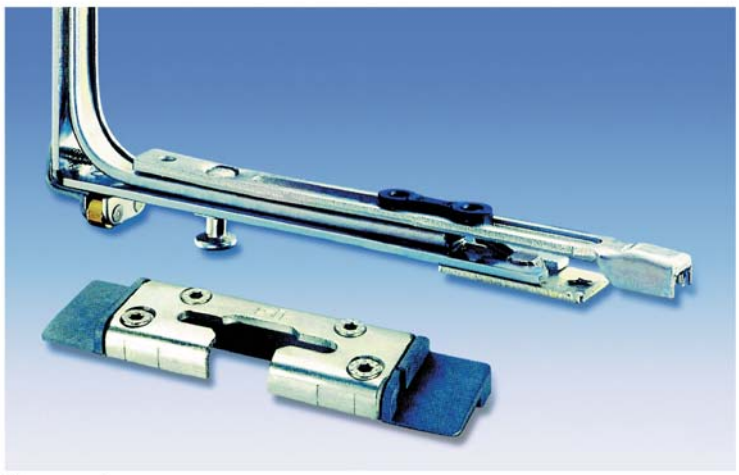


Приложение 10-2

Цветовые решения систем фурнитуры SIEGENIA-AUBI



Жёлтое хроматирование.



Титан-серебро.

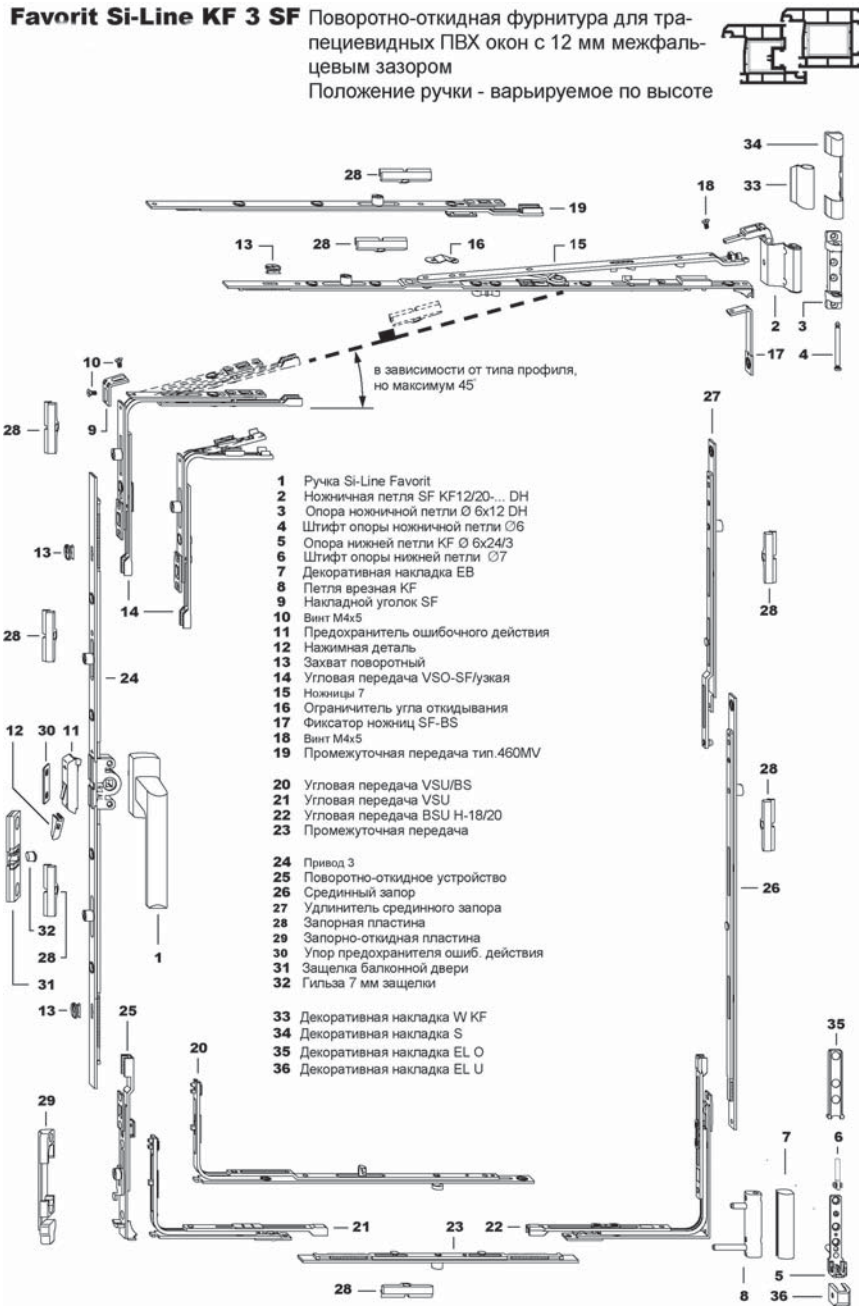
SIEGENIA AUBI

Приложение 11-1.

Комплект поворотно-откидной фурнитуры для трапецевидных окон из ПВХ

SIEGENIA AUBI
SOLUTIONS INSIDE

Favorit Si-Line KF 3 SF Поворотно-откидная фурнитура для трапециевидных ПВХ окон с 12 мм межфальцевым зазором
Положение ручки - варьируемое по высоте



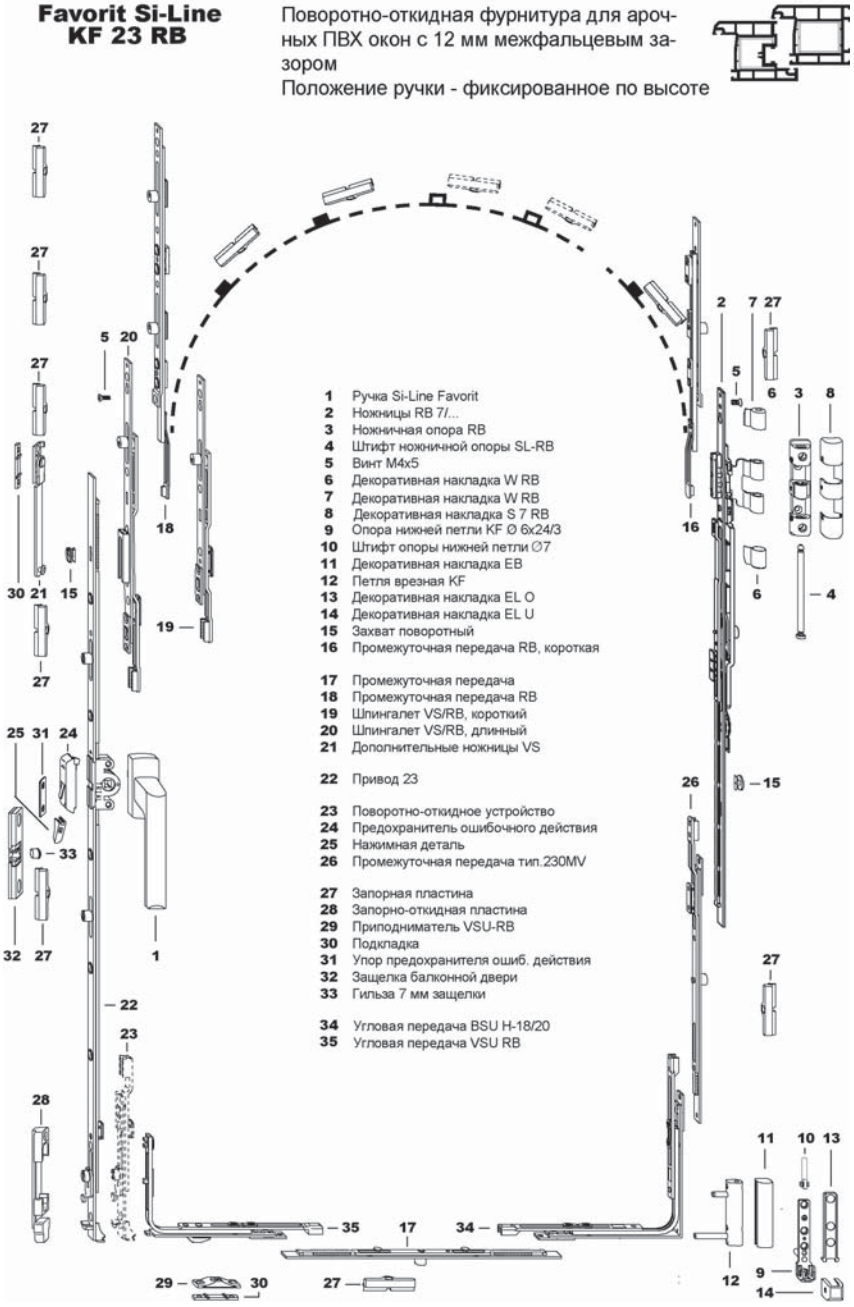
Приложение 11-1.

Комплект поворотно-откидной фурнитуры для арочных окон из ПВХ

SIEGENIA AUBI
SOLUTIONS INSIDE

Favorit Si-Line
KF 23 RB

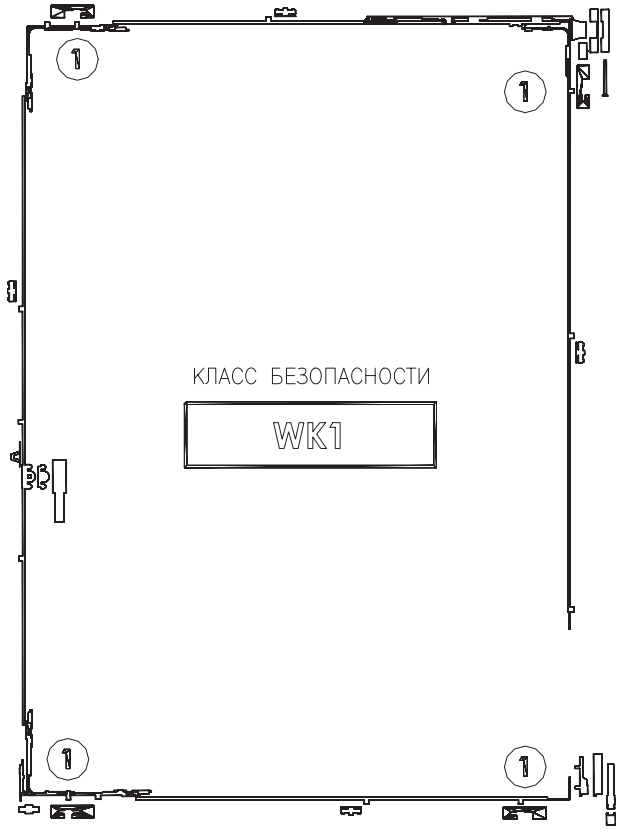
Поворотно-откидная фурнитура для арочных ПВХ окон с 12 мм межфальцевым зазором
Положение ручки - фиксированное по высоте



Приложение 12.

Комплекты противовзломной фурнитуры для различных классов безопасности система А 300

SIEGENIA AUBI
SOLUTIONS INSIDE





СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. «Архитектура гражданских и промышленных зданий. Гражданские здания». Под ред. А.В. Захарова, М., СИ, 1993.
2. «Архитектура гражданских и промышленных зданий. Основы проектирования». Под ред. В.М. Предтеченского, М., СИ, 1966.
3. «Архитектурные конструкции». Под ред. А.В. Кузнецова, Государственное архитектурное издательство Академии Архитектуры СССР, Москва, 1940.
4. Борискина И.В., Плотников А.А., Захаров А.В. «Проектирование современных оконных систем гражданских зданий». М., АСВ, 2003.
5. И.В.Борискина, Н.В.Шведов, А.А.Плотников. «Современные светопрозрачные конструкции гражданских зданий. Справочник проектировщика, НИУПЦ «МИО», Санкт –Петербург, 2005
6. Варданян Г.С., Андреев В.И. и др. «Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности», М., АСВ, 1995.
7. «Защита от шума в градостроительстве. Справочник проектировщика».Под ред. Осипова Г.Л., М., СИ, 1993.
8. Ильинский В.М. «Строительная теплофизика». М., ВШ, 1974.
9. Каплунов З.В. «Сборные крупноразмерные конструкции жилых зданий». Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре,Ленинград, 1956.
10. Клиндт Л., Клейн В. «Стекло в строительстве», М., СИ, 1981
11. Ковригин С.Д., Крышов С.И. «Архитектурно-строительная акустика», М., «Высшая Школа», 1986.
12. Маклакова Т.Г., Нанасова С.М., Бородай Е.Д., Житков В.П. «Конструкции гражданских зданий». М., СИ, 1986.
13. Объедков В.А., Соловьёв А.К., Кондратенков А.Н. и др. Лабораторный практикум по строительной физике. М., ВШ, 1979.
14. Осипов Г.Л., Юдин Е.Я., Хюбнер Г. и др.«Снижение шума в зданиях и жилых районах». М., СИ, 1986.
15. Рябушин А.В. «Архитекторы рубежа тысячелетий».Издательство «Искусство XXI век», 2005.
16. «Справочник по теории упругости (для инженеров-строителей)».Под редакцией Варварка П.М. и Рябова А.Ф., «Будівельник», Киев, 1971.
17. «Теория тепломасообмена». Москва МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997 г.
18. «Технология стекла». Под общей редакцией И.И. Китайгородского. Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, Москва, 1961.
19. Холщевников В.В., Луков А.В.«Климат местности и микроклимат помещений», М., АСВ, 2001.
20. H.Y. Glaser «Jarge area glas coating» ISBN 3-00-8849-13-3, Von Ardennc Anlagentechnik GMBH. Union Druckerei Dresden GMBH.
21. Московский Территориальный Строительный Каталог (МТСК-5.5).
22. СНиП 2.08.01-89* «Жилые здания».
23. СНиП 31-02-01 «Дома жилые одноквартирные».
24. СНиП 2.08.02-89* «Общественные здания и сооружения».
25. СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений».
26. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

27. СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение», М., Госстрой СССР, 1980.
28. СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика», М., Госстрой СССР, 1982.
29. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».
30. СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия».
31. СНИП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».
32. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий»
33. СНиП II-3-79** «Строительная теплотехника».
34. СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника».
35. СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
36. СниП II-12-77 «Защита от шума».
37. СниП 23-03-2003 «Защита от шума».
38. СП 23-103-2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий».
39. СН 481-75 «Инструкция по проектированию, монтажу и эксплуатации стеклопакетов».
40. СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям».
41. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий».
42. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий».
43. ГОСТ 11214-86 «Окна и балконные двери деревянные с двойным остеклением для жилых и общественных зданий».
44. ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
45. ГОСТ 12.1.036-81 (1996) «Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях».
46. ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Метод испытания на огнестойкость. Общие требования».
47. ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Метод испытания на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции».
48. ГОСТ 23166-99 «Блоки оконные. Общие технические условия».
49. ГОСТ 30674-99 «Блоки оконные из поливинилхлоридных профилей. Технические условия».
50. ГОСТ 30673-99 «Профили поливинилхлоридные для оконных и дверных блоков. Технические условия». Дата введения – 01.01.2001 г.
51. ГОСТ 30777-2001 «Устройства поворотные, откидные и поворотно-откидные для оконных и балконных дверных блоков. Технические условия».
52. ГОСТ 30971-2002 «Швы монтажные узлов примыканий оконных блоков к стеновым проёмам. Общие технические условия».
53. ГОСТ 111-2001 «Стекло листовое. Технические условия».
54. ГОСТ 30826-2001 «Стекло многослойное строительного назначения. Технические условия».
55. ГОСТ 30698-2000 «Стекло закалённое строительное. Технические условия».
56. ГОСТ 30733-2000 «Стекло с низкоэмиссионным твёрдым покрытием. Технические условия».

57. ГОСТ 24866-99 «Стеклопакеты клееные строительного назначения. Технические условия».
58. ГОСТ 30779-2001 «Стеклопакеты строительного назначения. Метод определения сопротивления атмосферным воздействиям и оценки долговечности».
59. ГОСТ 26602.1-99 «Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления теплопередаче».
60. ГОСТ 26602.3-99 «Блоки оконные и дверные. Метод определения звукоизоляции».
61. ISO 9050 «Glass in building – Determination of light transmittance, solar energy transmittance and ultraviolet transmittance, and related glazing factors».
62. EN 12608 «Unplasticized polivinilchloride (PVC-U) profiles for the fabrication of windows and doors – Classification, reguirements and test methods».
63. National Standart of Canada CAN/CGSB-12.8-M90 «Insulating Glass Units».
64. ISO 10292 «Glass in building – Calculation of steady-state U values (thermal transmittance) of multiple glazing».
65. PrEN 410 «Glass in building – Determination of luminous and solar characteristics of glazing».
66. DIN 4109 «Shallschutz im Hochbau. Anforderungen und nachweise».
67. DIN 52210 «Bauakustische Prufungen – Luft-und Trittschalldammung».
68. ISO 140-3 «Acoustics – Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements».
69. 140-10 Acoustics – «Laboratory measurements of airborne sound insulation of small building elements»
70. A 300. Каталог оконной фурнитуры.
71. SIEGENIA. Каталог по фурнитуре для пластиковых и деревянных окон.
72. «Gestalten mit Glass», INTERPANE GLAS INDUSTRIE AG, 1997.
73. VEKA. Оконные системы. Техническое руководство по изготовлению окон.Система Softline с фальцевым уплотнением.
74. VEKA. Техническое руководство по изготовлению окон.Нестандартные конструкции Система Softline с фальцевым/средним уплотнением.
75. VEKA. Проектирование и оформление фасадов.