

С.Д. ДАИДБЕКОВ

ПРИЕМЫ  
ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
ДЕРЕВЯННЫХ  
ПЕРЕКРЫТИЙ

---

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР

1 9 5 3

С. Д. ДАИДБЕКОВ  
КАНД. ТЕХН. НАУК

# ПРИЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Сканировал и обрабатывал  
Лукин А.О.

A handwritten signature in black ink, slanted upwards to the right. The signature appears to be 'С. Д. Даидбеков'.

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР

---

Москва — 1953

Брошюра посвящена вопросам восстановления перекрытий при ремонте жилых зданий с сохранением существующих конструкций и материалов, а также применения новых конструктивных элементов, изготовляемых преимущественно из отходов металла и древесины. В брошюре описаны конструкции креплений, облегчающие и значительно удешевляющие работы по восстановлению перекрытий жилых зданий.

Рассчитана на инженеров и техников-строителей, занятых в жилищном хозяйстве.



## ВВЕДЕНИЕ

Партия Ленина — Сталина и Советское правительство всегда проявляли и проявляют неустанную заботу о максимальном удовлетворении постоянно растущих потребностей советских людей. XIX съезд Коммунистической партии Советского Союза в директивах по пятому пятилетнему плану определил новый мощный подъем народного хозяйства СССР, дальнейший значительный рост материального благосостояния и культурного уровня народа.

В нашей стране осуществляется большое жилищное и коммунальное строительство. Только в послевоенные годы в городах и рабочих поселках построены жилые дома общей площадью свыше 155 миллионов квадратных метров. В директивах XIX съезда партии по пятому пятилетнему плану предусмотрено увеличение капитальных вложений на государственное жилищное строительство примерно в два раза по сравнению с четвертой пятилеткой.

Забота Коммунистической партии и Советского правительства о максимальном удовлетворении постоянно растущих потребностей советских людей, запросов и нужд населения выражается не только в огромном размахе нового жилищно-коммунального строительства, но и в постоянном внимании к содержанию, ремонту и улучшению имеющегося жилищно-коммунального фонда. На эти мероприятия ежегодно отпускаются большие средства.

Наша передовая строительная техника достигла значительных успехов в индустриализации и механизации нового строительства. Однако вопросам ремонта жилого фонда уделяется еще недостаточно внимания. Вполне назрела необходимость улучшить организацию этой отстающей отрасли, привлечь к ней внимание инженерно-технической мысли с целью рационализации специфических конструктивных приемов, применяемых при ремонтных работах, и уменьшения производственных затрат на основе богатого опыта нового жилищного и коммунального строительства.

Рациональные приемы восстановления поврежденных балок существующих деревянных перекрытий, на наш взгляд, сводятся в основном к следующему:



а) при ремонте желательно сохранять все здоровые элементы конструкций в поврежденных перекрытиях, т. е. здоровые участки балок, подборов, смазки, подшивки и штукатурки;

б) при ремонте перекрытий следует применять такие приемы, которые допускают стандартизацию конструктивных элементов и использование их в самых разнообразных случаях восстановления балок;

в) конструктивные элементы должны быть простыми в изготовлении и монтаже, т. е. доступными ремонтно-строительным конторам, заготавливающим их в своих слесарных мастерских и на стройдворах;

г) конструкции креплений для балок должны уместиться в толще междуэтажных и подчердачных перекрытий, т. е. не увеличивать их конструктивной высоты;

д) конструкции креплений должны обладать достаточной жесткостью и геометрической неизменяемостью при их незначительном весе, а также предотвращать смятие древесины балок и связанные с этим деформации перекрытий;

е) допускать вывешивание (подтяжку) балок для устранения образовавшихся провесов поврежденных перекрытий;

ж) конструктивные приемы должны быть рассчитаны на правильную работу древесины балок в условиях ее наибольшей прочности (смятие вместо скалывания).

Осуществление этих рациональных приемов восстановления перекрытий, способствуя упрощению и ускорению ремонтных работ, может принести народному хозяйству значительную экономию.

В жилых зданиях старого жилого фонда обычно преобладают деревянные балки и деревянные заполнения между ними. Вследствие иногда неудовлетворительной эксплуатации зданий этот вид перекрытий повреждается больше всего и требует особого внимания, так как поражение древесины балок гнилью, а особенно грибами и жучком легко может привести к аварии перекрытия.

Условиями, способствующими развитию грибков, являются прежде всего протечки в перекрытиях, а также наличие влаги в воздухе помещений, особенно в кухнях и санитарных узлах. Эта влага легко проникает в толщу перекрытия лежащего выше этажа через трещины в штукатурке потолков и при отсутствии вентиляции подполья конденсируется в нем.

При вскрытии междуэтажных перекрытий и обследовании состояния деревянных балок особенно часто обнаруживается загнивание их концов в гнездах наружных стен из-за промерзания заделок и неправильного устройства гнезд.

Прежде чем принимать какие бы то ни было меры по восстановлению деревянных перекрытий, необходимо обеспечить коренное устранение причин, вызывающих их разрушение. Иначе не

будут оправданы затраты на ремонт, так как процесс разрушения не приостановится. Правильное выполнение ремонта и нормальная эксплуатация помещений обеспечивают долговечность древесины конструкций.

При обследовании перекрытий следует взять образцы поврежденной древесины для определения характера и степени ее заражения. Результаты этого определения позволят установить вид предполагаемого ремонта и выбрать конструкции для восстановления перекрытия.

После выяснения причин поражения древесины конструкции необходимо определить глубину и зону распространения этого поражения на отдельных участках балки. Наиболее часто балки загнивают в местах их заделки (особенно в гнездах наружных стен здания). Поэтому при обнаружении гнили вблизи заделки нужно обнажить концы балок в заделках, разобрав для этого кладку стены по периметру гнезд, что позволит одновременно обследовать конструкцию заделки.

Для тщательного обследования древесины балок требуется подтесать их топором или стамеской и прозондировать в глубину при помощи буравчика с каналом по его оси. Пользуясь таким буравчиком, можно получить слой исследуемой древесины на любом участке балки.

При местном поверхностном повреждении балок гнилью и жучком пораженные места тщательно удаляют стеской по периметру балок. Одновременно удаляют и здоровую на вид древесину (в пределах 40—50 см по длине балки), примыкающую к пораженным участкам. Балка в этом случае может быть сохранена лишь при условии, если ослабленного стеской сечения достаточно для восприятия заданных нагрузок на перекрытие. Обязательное при этом антисептирование необходимо производить дважды — до удаления гнили и после этого.

В отдельных случаях, когда лабораторное исследование поврежденной гнилью древесины обнаруживает наличие значительных очагов активных видов грибковых образований (домовый гриб — мерулиус, шахтный гриб и т. п.), угрожающих сохранности существующих перекрытий, необходимо заключение специалиста-фитопатолога. Приступать к замене или усилению деревянных перекрытий либо покрытий в ремонтируемых зданиях следует только после выполнения этого предварительного условия.

При обследовании поврежденных балок чаще всего обнаруживается, что поражение их ограничивается отдельными участками, преимущественно у заделок, на длину от 30 до 150 см при сохранении совершенно здоровой древесины на всех остальных частях балок. Однако при ремонте их обычно заменяли новыми не только полностью разрушенные балки, но и частично поврежденные, с разборкой и устройством вновь всего перекрытия. Таким образом, объем ремонтно-восстановительных работ при полном и ча-

стичном разрушении балок был одинаковым. К этому надо добавить, что применявшиеся в отдельных случаях крепления поврежденных балок при помощи парных дощатых схваток на гвоздях и болтах приводили к просадкам перекрытий и трещинам в штукатурке, лишь несколько оттягивая неизбежность их полной замены.

Применение новых, описываемых ниже, рациональных приемов частичной замены и наращивания балок без разборки их позволяет сохранять в целости все остальные элементы ремонтируемых перекрытий и даже большую часть штукатурки потолков. Кроме того, отсутствие сквозной разборки перекрытий создает условия, позволяющие вести восстановительные работы и в зимнее время.

Частичная смена балок при капитальном ремонте зданий в ряде городов до последнего времени осуществлялась преимущественно в случаях, когда была возможна подвеска балок под чердачных перекрытий или с применением крепления парными досками.

Преимущество описанных ниже конструктивных приемов частичного восстановления поврежденных балок заключается главным образом в том, что они дают вполне надежную составную конструкцию, не уступающую по прочности целым балкам. Эти составные конструкции позволяют частично восстанавливать балки любой длины независимо от места расположения стыка по пролету.

При наличии больших пролетов, обычных для старого жилого фонда, эти приемы позволяют наращивать балки стандартной длины до необходимых размеров, заменяя отсутствующий «длинномер».

Одновременно с ремонтом необходимо принимать и профилактические меры по обеспечению долговечности восстанавливаемых перекрытий. С этой целью следует предотвращать перед началом капитального ремонта деревянных перекрытий, а особенно при частичном их восстановлении, их избыточное увлажнение.

Основные профилактические мероприятия, связанные с ремонтом деревянных перекрытий, заключаются в следующем.

1. Установив путем обследования при вскрытии перекрытия и лабораторным исследованием древесины отсутствие опасных активных разрушителей ее, необходимо очистить поверхность деревянных конструкций, просушить их и тщательно проантисептировать. Одним из оправдавших себя антисептиков следует признать 3-процентный водный раствор кремнефтористого натрия, наносимого на поверхность древесины в горячем виде (при температуре 50° С).

2. Если при вскрытии перекрытий обнаружено повреждение значительного числа балок в гнездах наружных стен, необходимо

вскрыть их и обследовать. При неправильной конструкции залелок следует принять меры к предупреждению промерзания концов балок, изолировав их утепляющей оберткой или поставив изоляционные прокладки в гнездах стен против торцов балок.

3. Необходимо обеспечить вентиляцию подполья во всех помещениях, устроив в чистых полах отверстия, располагая их по диагонали помещений и снабжая розетками. При этом нельзя присоединять вентилируемое подполье к вытяжным каналам в стенах, так как воздух через эти каналы в зимнее время усиленно засасывается в подполье и конденсируется на деревянных элементах перекрытия.

4. При смене перекрытия с признаками заражения древесины домовым грибом или жучком-смазку (теплоизоляцию), в которой обычно сохраняются споры и личинки, надо заменять новой. Известны случаи передачи инфекции через смазку элементам новой конструкции перекрытия.

5. При выборе типа теплоизоляции для чердачных перекрытий и в других случаях ее применения в деревянных конструкциях недопустимо употребление смазки, в состав которой входят органические включения (с применением опилок, сфагнума, прессованного торфа и т. п.). Наиболее рекомендуемый вид смазки — минеральная вата в виде рулонной или плитной выстилки, с успехом применяемая строительными организациями Москвы и Киева.

Этот вид изоляции помимо своих обычных теплоизоляционных свойств имеет малый объемный вес ( $150\text{--}230 \text{ кг/м}^3$ ), что позволяет значительно облегчить конструкцию перекрытия и уменьшить сечение его несущих элементов. Применяя такой вид изоляции, можно сократить расход деловой древесины балок. При пролетах балок в  $6,2 \text{ м}^1$  экономия древесины балок в результате замены утеплителя в чердачном перекрытии из тяжелых котельных шлаков минеральной ватой составляет  $23\text{--}25\%$ .

6. Не следует также допускать применения в перекрытиях строительного леса влажностью, превышающей  $16\%$ .

Соблюдение перечисленных выше условий правильного ведения ремонтно-строительных работ позволит обеспечить долговечность деревянных перекрытий и, следовательно, сохранность жилого фонда.

Описанные ниже наиболее прогрессивные конструктивные приемы восстановления конструкций, проверенные при ремонте городского жилого фонда Ленинграда и Киева в послевоенные годы, оправдали себя как вполне надежные и экономически эффективные. Опыт применения их может быть использован при

<sup>1</sup> Пролет балок, часто встречающийся в старом жилом фонде.

капитальном ремонте деревянных перекрытий и в других городах Советского Союза.

Автор надеется, что изложение сущности этих приемов с указанием их достоинств и недостатков позволит работникам жилищного хозяйства, занятым капитальным ремонтом, выбирать наиболее целесообразные конструктивные решения применительно к каждому конкретному случаю, учитывая местные условия работы и наличие строительных материалов, а в известных случаях и вносить в конструкцию улучшения.

---

## **I. ВОССТАНОВЛЕНИЕ БАЛОК ПРИ ПОМОЩИ ПРУТКОВЫХ «ПРОТЕЗОВ» (ЛЕНИНГРАДСКИЙ СПОСОБ)**

Основное преимущество прутковых «протезов» конструкции автора настоящей брошюры заключается в возможности срочного и надежного восстановления перекрытий ремонтируемых зданий, так как необходимые для этого конструктивные элементы («протезы») изготавливаются в централизованном порядке и поступают на место ремонта в готовом виде. Пригонка их и установка на балки крайне проста.

### **1. Описание конструкции**

Прутковые «протезы» на деревянные балки перекрытий представляют собой легкие спаренные фермочки треугольной формы, изготовленные из обрезков круглой стали при помощи электросварки.

Верхние и нижняя опорные площадки «протезов», передающие давление на сжатие древесины балки поперек волокон, делаются из обрезков швеллеров. Размеры швеллеров определяются расчетом, обеспечивающим прочность древесины на смятие. Длина «протеза» — 1,2 м и разнос (высота) — 20—30 см.

Прутковые «протезы» в зависимости от их расположения — у опорного конца балки или в ее пролете — применяются двух типов: концевые (тип КП) и промежуточные (тип ПП).

Концевые прутковые «протезы» (рис. 1) употребляются при ремонте перекрытий, когда поврежденные и удаляемые концы деревянных балок находятся в заделке и во всяком случае не далее 40—45 см от ее наружного края по пролету балки. Концевые «протезы» опирают одним концом в гнезде стены непосредственно на нее, а другим защемляют балку. Фермочки «протезов», имея решетку 3, обеспечивающую их геометрическую неизменяемость, связаны еще между собой в плоскости верхнего пояса горизонтальными связями 8. Сокращая длину сжатого пояса, последние увеличивают его жесткость на продольный изгиб. Со-

чение раскосных решеток 3 и 8 — из круглой стали диаметром 10 мм<sup>1</sup>.

Для того чтобы иметь возможность надеть «протез» на балку,

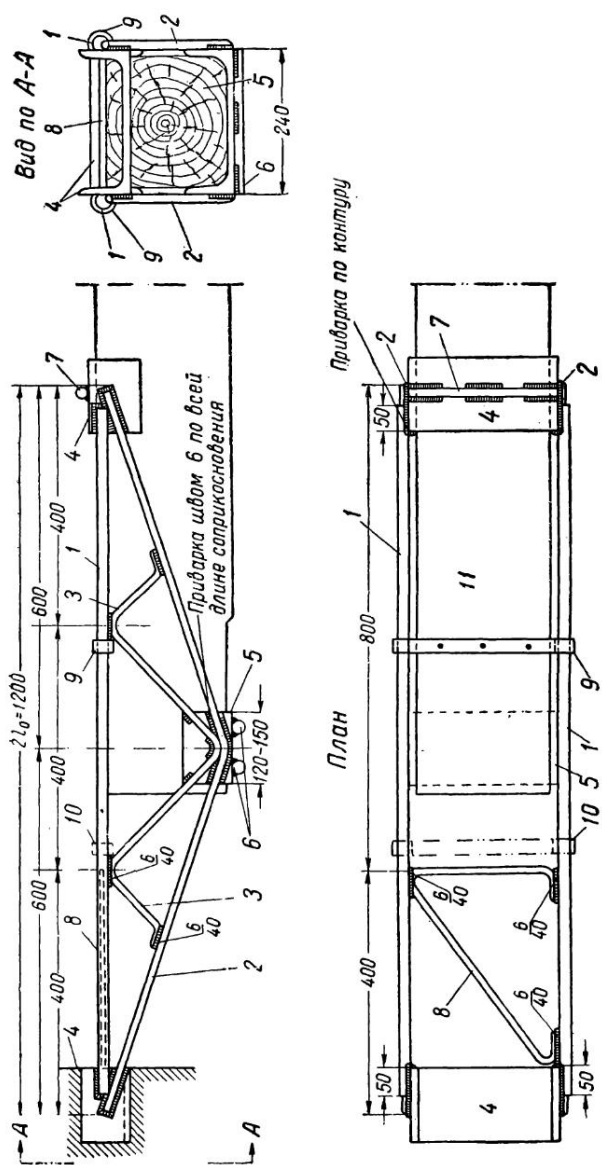


Рис. 1. Концевой «протез» типа КП:  
 1 — верхний пояс; 2 — нижний пояс; 3 — решетка; 4 — верхняя опорная планка; 5 — нижняя опорная планка; 6 — элемент жесткости нижнего пояса; 7 — элемент жесткости верхнего пояса; 8 — раскос в плоскости верхнего пояса; 9 — передвижная планка верхнего пояса (после установки «протеза» приблизить вплотную к решетке 3 и прибить к балке тремя гвоздями 3 × 60 мм); 10 — положение передвижной планки при установке «протеза»; 11 — гвозди 4 × 80 мм.

<sup>1</sup> При отсутствии раскосной решетки «протез» выйдет из строя.

передвижная планка 9, изготавливаемая из полосовой стали  $5 \times 20$  мм и связывающая верхние пояса фермочек над балкой, должна быть подвижной. Она может быть смещена вдоль «протеза» в пределах, указанных на рис. 1 пунктиром (положение 10).

В целях предупреждения коррозии протезные фермочки и опорные швеллеры следует при изготовлении окрашивать масляной краской или покрывать асфальтовым лаком.

Форма и размеры элементов «протеза» приняты автором в результате подбора, статического расчета и испытания до разрушения опытных образцов при участии механической лаборатории Ленинградского инженерно-строительного института.

Промежуточные прутковые «протезы» имеют несколько видоизмененную конструкцию и применяются в тех случаях, когда удаляемый дефектный конец балки имеет большую длину (до 2—2,5 м). Попутно следует указать, что при капитальном ремонте деревянных перекрытий замена концов балок, превышающих  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  пролета, едва ли целесообразна, если сравнить рентабельность этой работы со стоимостью полной смены балок.

Промежуточный «протез» (рис. 2) имеет так же треугольную форму, но с несколько большими сечениями поясов и опорных планок вследствие расположения его на участках балки с большим значением изгибающего момента.

В плоскости верхних поясов 1 вварена 10-мм раскосная решетка 8, предупреждающая возможное выпучивание их при сжатии. Нижняя опорная планка 5 делается более массивной, чем для «протезов» типа КП, причем жесткость ее усиливается ребром, вваренным внутрь корыта. Ребро это при установке «протеза» попадает в стык балок, тем самым строго центрируя «протез». Для плотной пригонки стыка торцы балок соответственно подрезаются.

Обе верхние опорные планки 4 одинаковы по размерам, а для увеличения их жесткости к ним привариваются с внешней стороны обрезки круглой стали 7 (диаметром 20 мм). Площадь опорных планок и их жесткость рассчитаны из условия прочности древесины балок на смятие поперек волокон.

Этот тип «протеза», как и первый, был окончательно принят после испытания пробных образцов статической нагрузкой. Основной корректив после испытания заключался в изменении конструкции средней опорной планки 5, которая в окончательном виде — с корытом, обращенным кверху — исключает необходимость сильно подрезать стыкуемые участки балки. Это имеет существенное значение для промежуточного «протеза», у которого величина опорного давления на планки значительно больше, чем у концевого.

Для подтверждения сказанного ниже приводятся результаты сравнительного подсчета, сделанного для балки пролетом 7 м, нагруженной равномерной нагрузкой и снабженной последовательно «протезами» обоих типов: 1) концевым «протезом», 2) про-



межуточным «протезом», поставленным на расстоянии 2 м от опоры балки и 3) тоже промежуточным «протезом», поставлен-

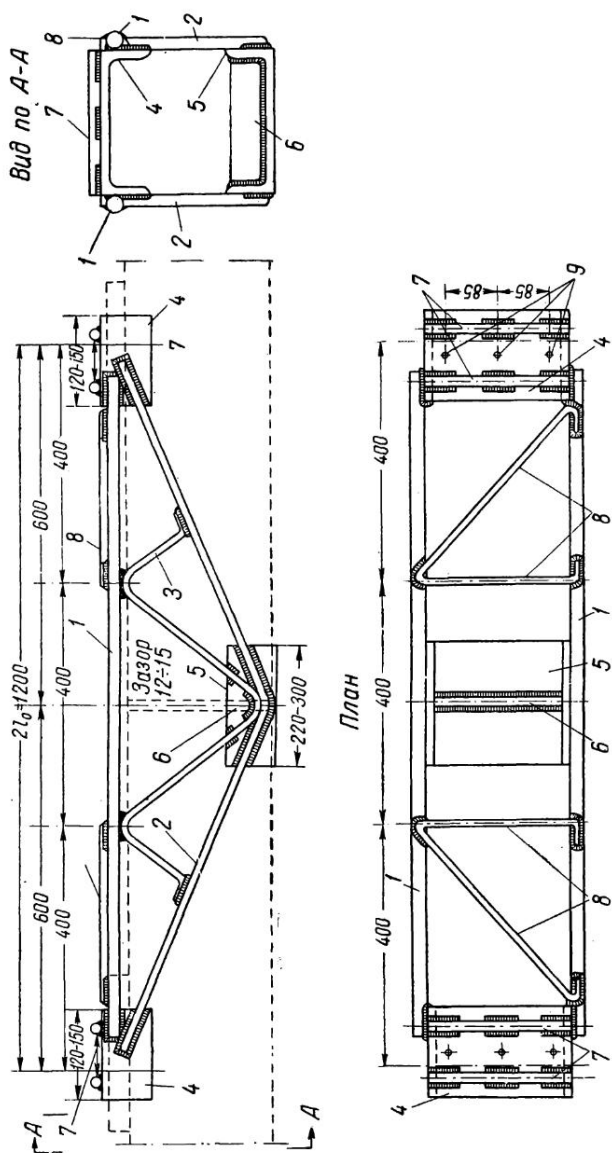


Рис. 2. Промежуточный «протез» типа ПП:  
 1 — верхний пояс; 2 — нижний пояс; 3 — решетка; 4 — верхние опорные планки; 5 — нижняя опорная планка; 6 — ребро жесткости; 7 — обрезки круглых стальных стержней, обеспечивающие жесткость верхних опорных рамок; 8 — раскос верхнего пояса; 9 — три отверстия диаметром 5,5 мм для забивки гвоздей  $5 \times 125$  мм (пунктиром на верхнем рисунке показаны габариты деревянной балки и подклинки).

ным посередине пролета. При этом оказалось, что в то время, как для концевой «протеза» давление под верхней опорной планкой равно опорной реакции балки  $P_2 \approx A$ , для промежуточ-

ного «протеза», поставленного на расстоянии 2 м от опоры балки,  $P_2 \approx 2,5 A$ , а для «протеза» по середине пролета —  $P_2 \approx 3 A$ . Из этого видно, что в случае применения промежуточного «протеза», расположенного на расстоянии двух и более метров от опоры, в зажатых участках балки создаются изгибающие моменты и перерезывающие силы значительной величины, исключая возможность ослабления сечения глубокими подрезками древесины по высоте балки. Что же касается концевых «протезов», то при установке их такая подрезка опасений не вызывает.

На основе опыта установки большого числа прутковых «протезов» обоих типов при капитальном ремонте деревянных перекрытий за последние пять лет можно рекомендовать при высоте балки 24 см глубину подрезки балки для концевых «протезов» по высоте делать не более 50 мм и для промежуточных — не более 30 мм. При этом подрезку следует делать в месте примыкания к полному сечению балки плавным скосом, как это указано в ТУ и Н на проектирование и изготовление деревянных конструкций. При ширине балок 18 см стеска боковых поверхностей балок не должна превышать с каждой стороны сверх «черепных» их утолщений 0,5 см.

## 2. Способ установки «протезов»

Способ установки концевой «протеза» заключается в следующем. Вдоль стены, где предполагается установить «протез», ста-

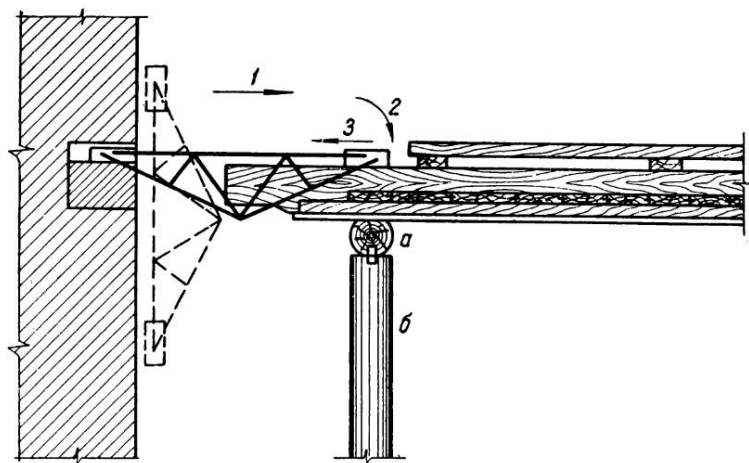


Рис. 3. Установка концевой «протеза»: 1, 2 и 3 — последовательность операций.

вят под перекрытие (поперек балок), на расстоянии 1—1,5 м от стен временные опоры, состоящие из прогона *а* и стоек *б*, подклиненных под балки перекрытия (рис. 3).

Участки перекрытия в местах расположения поврежденных концов балок разбирают снизу на ширину около 75 см (от стены). Сверху разбирают на ширину до 1,5 м участок чистого пола. Делается это не столько для выполнения описываемой работы, сколько в связи с обычной при капитальном ремонте домов перестилкой полов. Поврежденный участок балки после этого обследуют и спиливают.

Закончив эту работу, заводят вертикально концевой протез в междуэтажное перекрытие (см. рис. 3), надвигают в том же положении на балку, затем поворачивают «протез» на 90° (положения 1 и 2) и заводят его в гнездо стены (положение 3). Опорный конец «протеза» после этого закладывают в гнезде стены кирпичом на цементном растворе. К балке «протез» прикрепляют при помощи поперечной планки (см. рис. 1). После установки «протеза» планку сдвигают на место впритык к узлу над протезируемой балкой и обязательно прибивают к ней гвоздями, пользуясь специально сделанными в планке отверстиями.

Других приемов крепления «протеза» не требуется, так как большое давление под опорными планками, увеличивающееся с ростом нагрузки, исключает возможность какого-либо его смещения.

Чтобы избежать просадки ремонтируемого участка перекрытия, верхнюю опорную планку над балкой следует подклинить. Часть гнезда в стене под опорную планку концевого «протеза» надо заложить хорошо обожженным кирпичом на цементном растворе (марка кирпича — не ниже 75, а марка раствора — не ниже 25).

При установке «протезов» на отдельную балку, когда соседние балки «здоровые», временные опорные стойки можно не ставить, а конец протезируемой поврежденной балки в таком случае следует подвесить к соседним балкам при помощи переброшенного сверху ригеля и хомута или закрутки из отожженной проволоки.

В случае установки временных опорных стоек и, особенно, при подклинке их, чтобы вывесить просевшую часть перекрытия, необходимо принять меры предосторожности, обеспечивающие устойчивость поддерживающей конструкции. Этого можно достигнуть либо путем крепления опорных стоек дощатыми прибоинами к оконным коробкам, либо устройством подкосов к стойкам, прикрепленным к здоровой части перекрытия (см. рис. 23 на стр. 33).

Промежуточный «протез» представляет собой жесткое крепление в стыке составной балки, образованной сохранившимся здоровым ее концом и наставленной частью взамен удаленной дефектной. Устанавливать промежуточный «протез» надо в соответствии со схемой, изображенной на рис. 4.

Для установки «протеза» необходимо иметь в глубине опорного гнезда против торца сменяемого участка балки запас в 12—14 см.

Поврежденную часть балки надо освободить от элементов

перекрытия (подшивки, черного пола, смазки и чистого настила) и завести под конец здоровых участков опорные стойки и прогон.

Сменяемые (пораженные) участки балок спиливают, после чего устанавливают «протезы», а снизу (как это показано на рис. 4) заводят в гнездо новые, предварительно проантисептированные обрезки деревянных балок, которые укладывают на нижние опорные планки «протезов». Очень важно, чтобы обрезок деревянной балки был заготовлен из воздушно-сухого леса. Это необходимо для того, чтобы приблизить степень влажности обрезка к древесине протезируемой балки, что почти полностью гарантирует перекрытие от какой бы то ни было просадки. При установке промежуточного «протеза», как и в случае применения

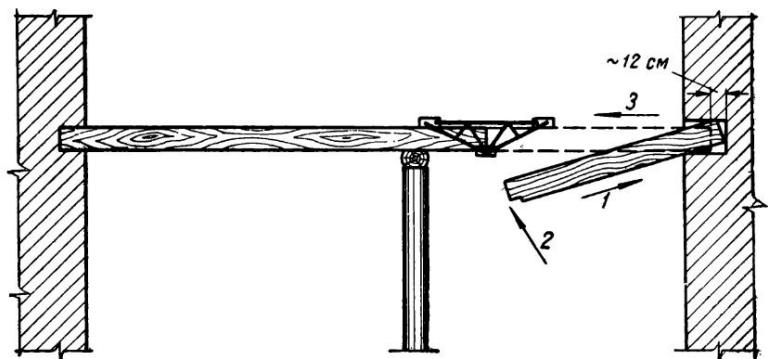


Рис. 4. Схема установки на балку промежуточного «протеза»: 1, 2 и 3 — последовательность операций.

«протеза» концевого типа, следует обратить особое внимание на наличие показанных на рис. 3 связей жесткости в плоскости верхнего пояса, так как при отсутствии их возможны выпучивание пояса в горизонтальной плоскости и авария конструкции.

Опыт применения промежуточного «протеза» показал необходимость давать конструкции при его установке временный вынос (строительный подъем), необходимый на обмятие древесины балки под планками. Величина выноса — от 2 до 5 см. В этом приподнятом состоянии делают подклинку под верхние планки, обеспечивая при этом нормальную осадку конструкции (до горизонтального положения). Для того, чтобы «протез» можно было подклинивать, разнос «протеза» (т. е. вертикальное расстояние между планками) следует брать на 3—4 см больше высоты балки «нетто» (т. е. с учетом подрезки снизу).

Подклинка изготавливается из обрезков сухих досок. Стальная подклинка может быть допущена лишь при условии, если представляется возможность получить под клиньями требуемую площадь смятия.

При постановке клиньев необходимо соблюдать условие, при котором потеря площади смятия на подтесанной верхней поверхности балки за счет обливин восполнялась бы выступающими участками клина (рис. 5):

$$S_1 B = S b,$$

причем  $S \leq S_1 + 2\sigma$ , где  $\sigma$  — толщина клина.

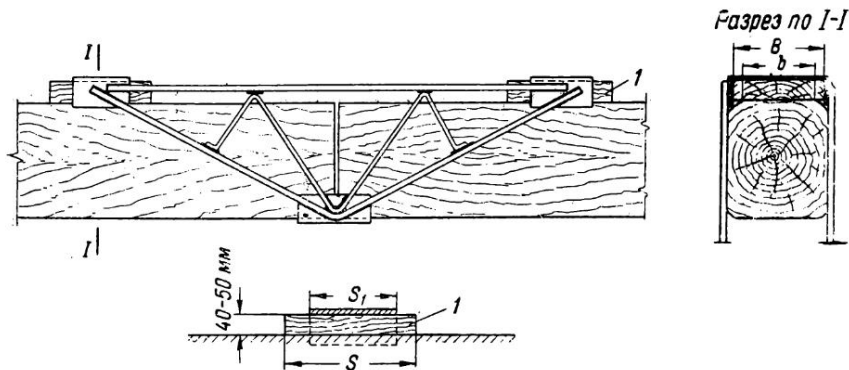


Рис. 5. Подклинка «протеза» типа ПП:  
1 — подкладка-клин.

Испытание этого типа «протеза» показало возможность успешного применения его без устройства каких-либо дополнительных связей между схваченными участками балки. При установке промежуточного «протеза» его следует временно прикрепить для избежания опрокидывания при надевании на протезируемый конец балки через отверстия, сделанные в верхней планке. В последующем, после подklinки и вывески «протеза», через те же отверстия в верхних опорных планках забивают в балку сквозь клинья по два-три гвоздя.

При установке промежуточного «протеза» возможен случай, когда строительство не может получить в нужные сроки сухой лес необходимого сечения для заготовки наращиваемых концов балок ремонтируемого перекрытия. Обрезки бревен и брусьев в таком случае можно заменить пакетом из сухих досок, поставленных «стоймя», с расчетом, чтобы ширина досок соответствовала высоте протезируемой балки, а площадь составного сечения равнялась необходимой площади наращиваемого конца по расчету. Чтобы предотвратить возможное расхождение пакета, его следует связать (чисто конструктивно) двумя-тремя болтами диаметром 12 мм, расположенными по середине высоты досок. Для изготовления пакета не следует брать доски толщиной менее 5—6 см. До укладки в дело их необходимо проантисептировать со всех сторон.

В случае необходимости можно применить и другой способ наращивания, употребляя вместо деревянных концов балок обрезки металлических балок соответствующего сечения, которые часто остаются на площадках ремонтируемых объектов после укладки балок, прогонов, консолей и т. п. Применение металлических концов целесообразно в том случае, когда имеется опасность возможного быстрого загнивания концов балок в гнездах наружных стен, как это было установлено, например, при ремонте больницы им. Карла Маркса в Ленинграде.

Концы балок в больнице ложились на стену с широким проемом, выходящим на солярий. Во время дождя бетонное перекрытие солярия увлажнялось. Одновременно частично увлажнялась и сама стена. Вследствие этого подгнили концы нескольких 8-метровых деревянных балок, совершенно здоровых в остальной своей части. Поврежденные концы были заменены обрезками двутавровых балок с сечением, подобранным по величине незначительного изгибающего момента по эпюре, на расстоянии около 1,5 м от их споры. Концы балок были заделаны в гнезда на цементном растворе, а сами балки — окрашены масляной краской за два раза.

Наращивание восстанавливаемых балок металлическими обрезками необходимо также при условии, когда подгнили концы деревянных балок, выходящих в санитарный узел, с чем приходится встречаться при ремонте некоторых домов старого жилого фонда. Замена концов деревянных балок металлическими позволяет делать между ними в местах расположения санитарных приборов бетонные заполнения.

В случае применения металлических концов вместо деревянных необходимо помнить, что высота наращиваемого металлического конца всегда меньше высоты деревянной балки. Поэтому на нижнюю опорную площадку «протеза» должна быть подложена под металлический конец балки подкладка, привариваемая для предотвращения смещения либо к «протезу», либо к самой балке. Лучше всего это делать при изготовлении «протеза».

Возможны три случая использования «протезов»: протезирование балки у одной опоры с применением «протеза» типа КП; протезирование балки у обеих опор; применение одного «протеза» типа ПП (рис. 6). Установка двух промежуточных «протезов» (типа ПП) на одну балку в конструктивном отношении не целесообразна и не оправдывается экономически. Все практические задачи по установке «протезов» успешно разрешаются применением одного из трех видов, указанных выше.

«Протезы» типа КП устанавливаются на балку с двух сторон в определенной последовательности. Сначала устанавливают «протез» со стороны менее поврежденного конца описанным выше способом, а затем, рассматривая эту часть балки как здоровую, протезируют ее тем же способом с другой стороны. При этом следует установить в целях предосторожности вспомога-

ные опоры сразу с обоих концов протезируемой балки. Если же соседние балки надежны, то еще проще прикрепить концы ремонтируемой балки закрутками к ригелю, переброшенному по этим балкам.

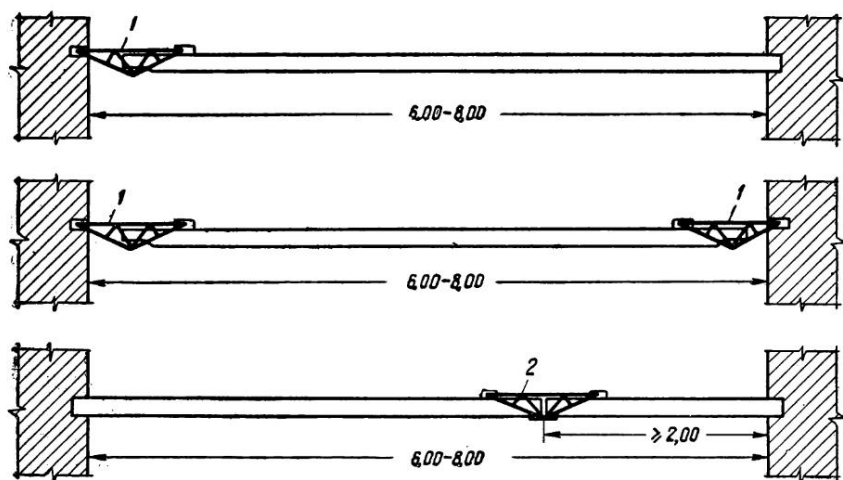


Рис. 6. Три случая протезирования балок:  
1 — «протезы» типа КП; 2 — «протез» типа ПП.

Помимо реставрирования дефектных концов деревянных балок ремонтируемых перекрытий «протезы» можно использовать и в других целях. Так, концевые и промежуточные «протезы» широко применялись при ремонтных работах в Ленинграде в тех случаях, когда отсутствовал «длиномер». Делалось это с целью удлинения бревен длиной 6,4 м, заготовленных на балки, до размеров, необходимых для перекрытия больших пролетов, встреча-

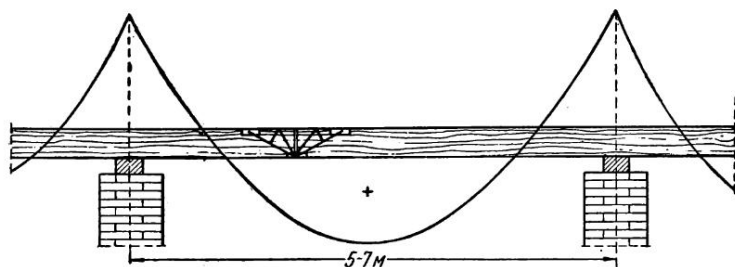


Рис. 7. Применение «протезов» в неразрезных прогонах (первый вариант).

ющихся в старых зданиях (длиной от 7 до 9 м). Кроме того, промежуточные «протезы» можно успешно использовать при

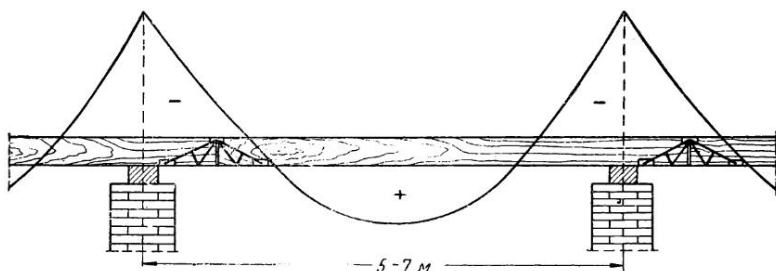


Рис. 8. Применение «протезов» в неразрезных прогонах (второй вариант).

сращивании несущих деревянных прогонов в единую неразрезную конструкцию. При тщательной пригонке «протезов» может быть обеспечено достаточно тщательное защемление концов прогонов (рис. 7 и 8).

### 3. Протезирование наслонных стропил

Неоднократно наблюдались случаи разрушения подгнивших концов наслонных стропил, вызванные длительными протечками в желобах и карнизах крыш.

Замена дефектной части стропильной ноги «протезом» в месте, где обычно необходимо отремонтировать кровельный покров без разборки значительных участков крыши, экономически рентабельна и ускоряет работы.

Конструкция такого «протеза» типа КП-1 крайне проста (рис. 9); он легко надевается на спиленный конец стропильной ноги, а главное, вовсе не требует для связи с последней ни болтов, ни иных креплений.

Способ применения стропильных «протезов» тот же, что и при протезировании балок. «Протез» заводят на ремонтируемую стропильную ногу, поворачивают его на  $90^\circ$  и укладывают на подстропильный брус.

Нижний опорный узел стропильного «протеза» сконструирован несколько иначе, чем балочного. В стропильном «протезе» предусмотрена опорная площадка, в которую упирается спиленный торец стропильной ноги. Площадка предотвращает сползание стропильной ноги. Жесткость верхнего сжатого пояса в поперечном направлении обеспечивается раскосной решеткой той же конструкции, как и в балочных концевых «протезах» (см. рис. 1).

При предварительных заготовках «протезов» незначительная разница в уклонах крыш восполняется небольшой подтеской или подклинкой под опорную площадку «протеза».

Для укрепления опалубки или обрешетки в опорный швеллер «протеза» заводят вдоль стропильной ноги доску (как показано на рис. 9), предохраняющую фермочки «протеза» от непосред-



ственной передачи изгибающей нагрузки на гибкие элементы. Пользуясь приемом расчета балочных протезов, легко найти уменьшенные значения размеров элементов протеза. Расчет стропильного «протеза» приведен ниже (см. стр. 28).

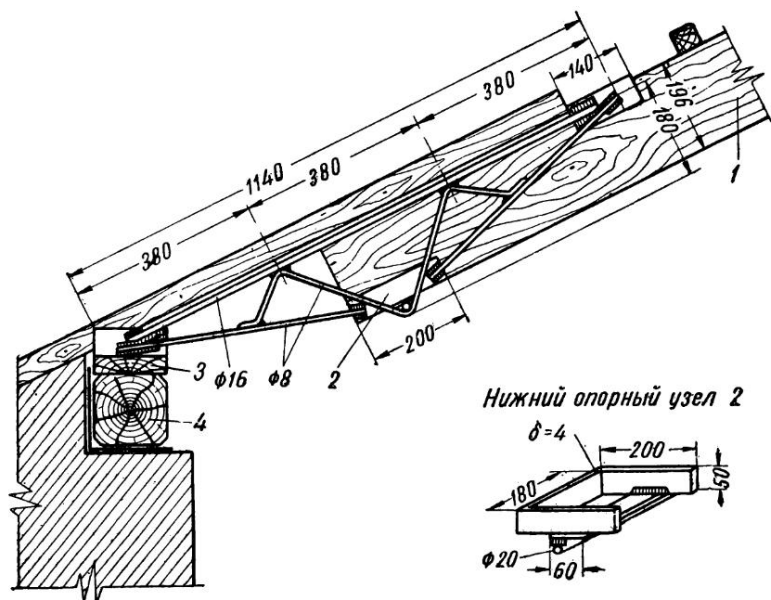


Рис. 9. Стропильный «протез» типа КП-I:  
 1 — стропильная нога; 2 — нижний опорный узел; 3 — подкладка;  
 4 — подстропильный брус.

Наряду с описанным выше типом прутковых «протезов» на балки и стропила, нами предложена и спроектирована видоизмененная конструкция типа КП-II и ПП-II (рис. 10 и 11), примененная при восстановлении 9-метровых диагональных стропил (быков) над одним из жилых зданий Ленинграда.

Основное отличие прутковых «протезов» этих типов от ранее принятого заключается в замене сжатого пояса и решетки протезных фермочек брусчатым вкладышем, поперечное сечение которого примерно равно сечению реставрируемой балки. Сжимающие усилия во вкладыше при изгибе балки передаются на опорные элементы, показанные на рис. 11 в аксонометрическом изображении. Планки котельной стали толщиной 6—8 мм, сваренные в опорные швеллеры, передают сжимающие усилия на верхние пояса опорных элементов. Эти пояса имеют П-образную форму и средней своей частью приварены к вертикальной планке, образуя жесткое ребро в верхней части последней. Назначение реб-

ра — усилить сечение планки на изгиб в зоне наибольших сжимающих усилий, возникающих во вкладыше.

Конструкция опорных частей «протеза» почти не отличается от опор протезных фермочек типа КП-I и ПП-I (см. рис. 1 и 2).

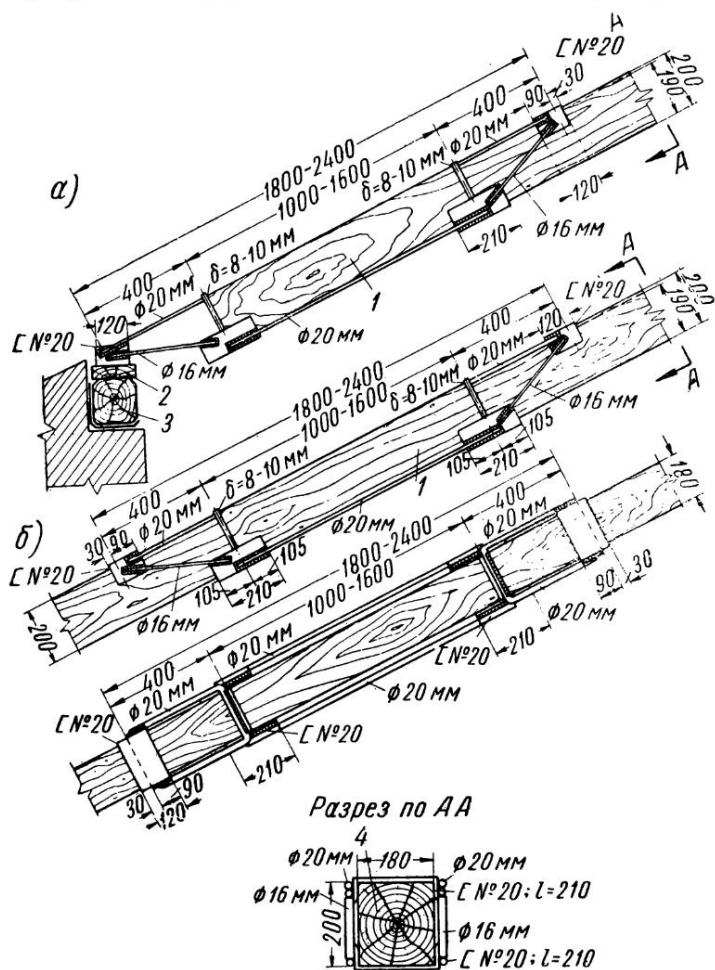


Рис. 10. Стропильные «протезы» с деревянными вкладышами типа КП-II (а) и ПП-II (б):

1 — вкладыши; 2 — подкладка из 5-см доски; 3 — подстропильный брус, 4 — стропильная нога сечением 200 × 180 мм.

Растягивающие усилия в средней части «протеза» воспринимаются двумя стальными стержнями диаметром 20 мм. Последние могут иметь болтовую нарезку и вставляться в проушины — муфты из обрезков труб диаметром 25 мм. Болтовая нарезка позволяет натянуть «протез» при установке и подтянуть его, если под

влиянием продольного усыхания недостаточно сухой древесины вкладыша торец его не плотно касается вертикальных планок<sup>1</sup>.

Того же эффекта можно добиться более примитивным приемом — при упрощенной конструкции нижнего растянутого пояса в виде круглых стержней, наглухо приваренных к нижним опорным швеллерам. Для этого достаточно заклинить клиньями из полосовой стали промежуток за одним из торцов вкладыша (см. рис. 10).

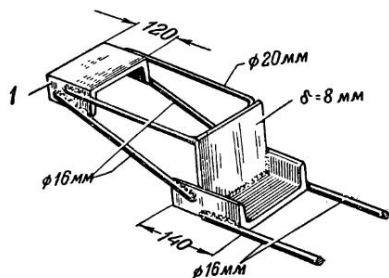


Рис. 11. Детали опоры стропильных протезов типа КП-II и ПП-II:  
1 — швеллер № 18—20.

«Протезы» типа КП-II и ПП-II можно также с успехом применить и при восстановлении балок междуэтажных и чердачных перекрытий, причем соответствующие сечения элементов и швы сварки следует определять статическим расчетом. Работу вкладыша на сжатие совместно с работой на растяжение тяжа (нижнего пояса) можно рассматривать в

первом приближении как аналогию с работой бетона и арматуры в железобетонной балке, армированной одиночной арматурой (если пренебречь работой бетона на растяжение), с той разницей, что положение нейтральной оси, ограничивающее сжатую часть сечения вкладыша, в данном случае определится в зависимости от отношения модулей упругости дерева и металла (рис. 12):

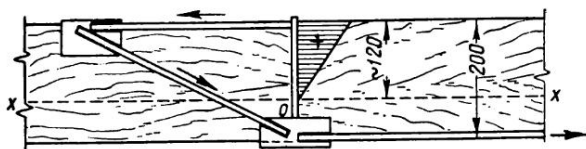


Рис. 12. Схема работы элементов «протеза» типа КП-II и ПП-II.

$$\sigma_A = \frac{E_A}{E_D} \sigma_D = \frac{2,1 \cdot 10^6}{10^5} \sigma_D = 21\sigma_D,$$

где:  $\sigma_A$  — напряжение в тяже;  
 $\sigma_D$  — напряжение в дереве;  
 $E_A$  — модуль упругости стали;  
 $E_D$  — модуль упругости сосны.

<sup>1</sup> Возможное усыхание вдоль волокон принято по ОСТу в 0,1% первоначальной длины.

«Протезы» типа КП-II и ПП-II обладают некоторыми достоинствами.

1. Универсальность применения, — так как концевой «протез» отличается от промежуточного лишь тем, что для него берется несколько видоизмененный нижний опорный элемент, а также установка опорного швеллера под углом к направлению ската крыши и желобком кверху. Имея запас в нарезке болтов или меняя их длину, можно установить один и тот же «протез» в любом месте балки, так как опорные элементы могут быть изготовлены стандартными. Может изменяться в некоторых пределах и длина вкладыша. А главное, имеется возможность совсем заменить дефектный участок балки на длину 1—1,6 м<sup>1</sup>.

«Протез» типа КП-II и ПП-II (как и типа КП-I и ПП-I) можно применить и при совершенно здоровом лесе в тех случаях, когда на строительстве нет бревен достаточной длины для стропил, а особенно для диагональных быков.

2. Другими достоинствами «протезов» типа КП-II и ПП-II является их разборность, малые размеры опорных элементов, а следовательно, сравнительно небольшой вес и портативность.

3. Установка «протезов» этого типа крайне проста и может быть выполнена неквалифицированными рабочими. При этом она не требует специальных приспособлений. В случаях применения «протезов» типа КП-II и ПП-II следует лишь устанавливать под восстанавливаемые участки стропил подпорки на клиньях для «вывески» стропильных ног.

К недостаткам конструкции «протезов» КП-II и ПП-II следует отнести некоторую сложность их изготовления.

#### 4. Статический расчет прутковых «протезов» на балки

«Протез» в сечении I—I (рис. 13) разрезанной балки должен воспринять все действующие в этом сечении внутренние силы, эквивалентные внешним нагрузкам.

При рассмотрении условий равновесия левой и правой половины симметричного «протеза» под влиянием всех действующих на него сил имеем (рис. 14):

$$\Sigma M_0 = P_2^A l_0 - M_1 = 0;$$

$$P_2^A = \frac{M_1}{l_0};$$

$$M_B = P_1 l_0 - M_1 - Q l_0 = 0,$$

откуда:

$$P_1^A = \frac{M_1}{l_0} + Q_1 = P_2^A + Q_1. \quad (1')$$

<sup>1</sup> Применяя промежуточные «протезы» основного типа в тех же условиях, пришлось бы поставить по обе стороны вкладыша два «протеза».

Тот же результат получим из уравнения  $\Sigma Y = 0$ ;

$$P_2^A + Q_1 - P_1^A = 0; P_1^A = P_2^A + Q_1;$$

для правой половины:

$$P_2^n = \frac{M_1}{l_0};$$

$$\Sigma M_A = -P_1^n l_0 + M_1 - Q_1 l_0 = 0;$$

$$P_1^n = P_2^n - Q_1. \quad (1'')$$

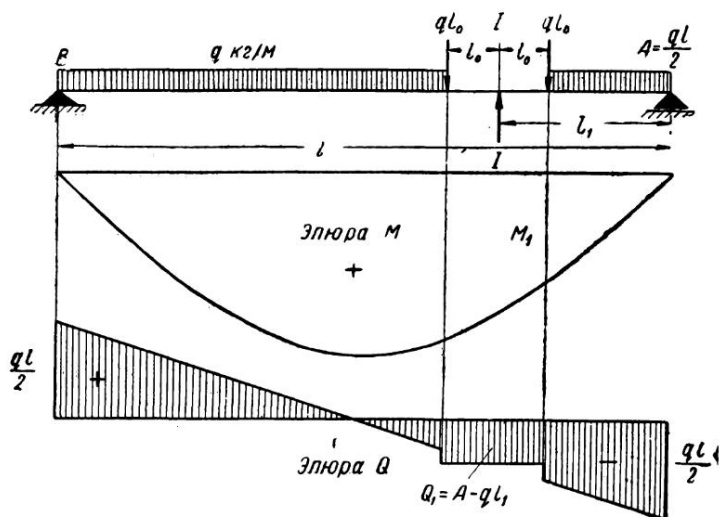


Рис. 13. Схема нагрузки, эюра моментов и перерезывающих сил.

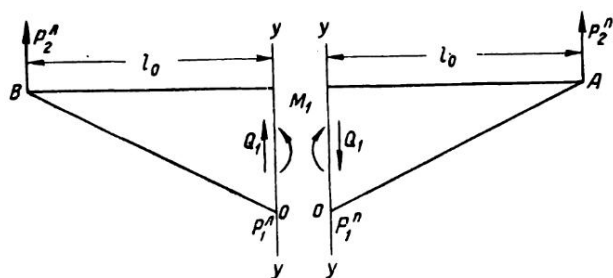


Рис. 14. Схема равновесия рассеченного «протеза» под действием всех приложенных к нему внешних и внутренних сил.

Таким образом, для целого «протеза» имеем:

$$P_2^A = P_2^n = P_2 = \frac{M_1}{l_0} \quad (1)$$

и

$$P_1^A + P_1^n = P_1 = 2P_2. \quad (2)$$

Изгибающий момент в сечении  $I-I$  балки, разрезанной по оси симметрии «протеза», должен быть воспринят последним:

$$\begin{aligned} M_1 &= \frac{ql}{2} \cdot l_1 - q(l_1 - l_0) \cdot \left( \frac{l_1 - l_0}{2} + l_0 \right) - ql_0 = \\ &= \frac{q}{2} (ll_1 - l_1^2 - l_0^2) = A \left( l_1 - \frac{l_1^2 + l_0^2}{l} \right), \end{aligned}$$

откуда:

$$P_2 = \frac{M_1}{l_0} = \frac{A}{l_0} \left( l_1 - \frac{l_1^2 + l_0^2}{l} \right). \quad (3)$$

По этой общей формуле можно определить усилие  $P_1$  для протеза любых размеров ( $l_0$ ), расположенного на любом расстоянии  $l_1$  от опоры.

При  $l_1 = \frac{l}{2}$  имеем «протез» в середине пролета; при  $l_1 = l_0$  — концевой «протез», и формула (3) примет вид:

$$P_2 = A \left( 1 - \frac{2l_0}{l} \right). \quad (4)$$

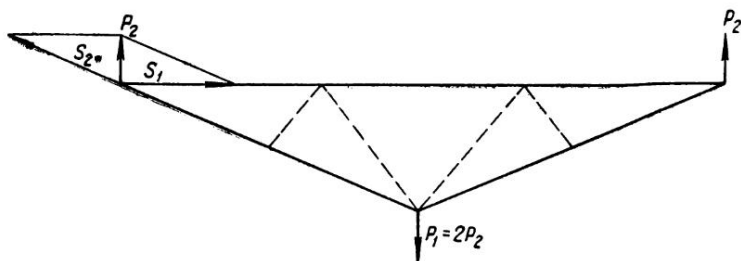


Рис. 15. Схема усилий, действующих в стержнях «протеза».

Усилия в стержнях протезных фермочек определяются, вследствие равенства усилий в решетке нулю, простым разложением силы  $P_2$  на два направления (рис. 15):

$$S_1 = \frac{P_2}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad S_2 = \frac{P_2}{\sin \alpha}.$$

По этим усилиям подбираются сечения и фланговые швы сварки.

Планки рассчитываются на изгиб и на смятие древесины балки.

Рассмотрим случай расчета промежуточного «протеза» с учетом эксцентриситета  $e$  (рис. 16).

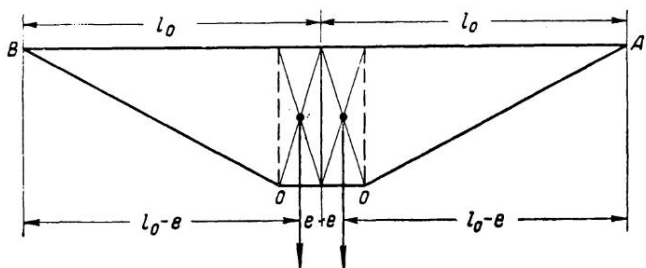


Рис. 16. Расчетная схема «протеза» с учетом эксцентричного приложения сил в нижней опорной планке.

Берем моменты относительно точки  $O$  (рис. 17):

$$\sum M_0 = P_2^A (l_0 - e) - M_1 = 0,$$

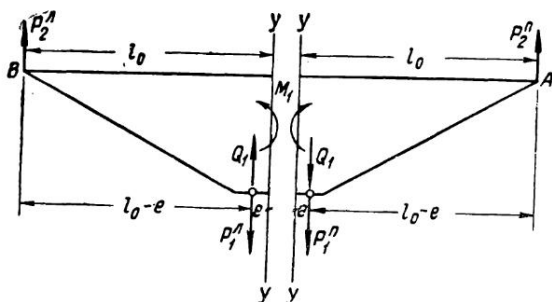


Рис. 17. Рассеченный «протез» с эксцентрично приложенным опорным давлением в условиях равновесия.

откуда:

$$P_2^A = \frac{M_1}{l_0 - e};$$

$$\sum M_A = P_1^A (l_0 - e) - M_1 - Q_1 (l_0 - e) = 0;$$

$$P_1^A = \frac{M_1}{l_0 - e} + \frac{Q_1}{l_0 - e}.$$

То же для правой части:

$$\sum M_0 = -P_2^A (l_0 - e) + M_1 = 0,$$

откуда:

$$P_2^n = \frac{M_1}{l_0 - e}$$

и

$$\sum M_A = -P_1^n (l_0 - e) + M_1 + Q_1 (l_0 - e) = 0;$$

$$P_1^n = \frac{M_1}{l_0 - e} - \frac{Q_1}{l_0 - e}.$$

Для целого «протеза» будем иметь:

$$P_1^a + P_1^n = \frac{2M_1}{l_0 - e};$$

$$P_2^a = P_2^n = \frac{M_1}{l_0 - e}.$$

При  $e = 0$  формулы получают свой вид для первого случая (приближение около 10% для обычных случаев практики). Отсюда можно заключить, что значение реактивных сил  $P_1$  и  $P_2$  будет тем больше, чем больше эксцентриситет.

В условиях практики, при принятых размерах нижней планки  $e_{\text{макс}} = 6 \text{ см}$  и  $l_0 = 60 \text{ см}$ , это увеличение может быть выражено коэффициентом 1,10.

## 5. Проверочный расчет протезируемых балок

Расчет сводится к проверке прочности заземленных участков балки.

Для уяснения работы разрезанной и протезированной балки построим эпюры  $Q$  и  $M$  для участка расположения «протеза».

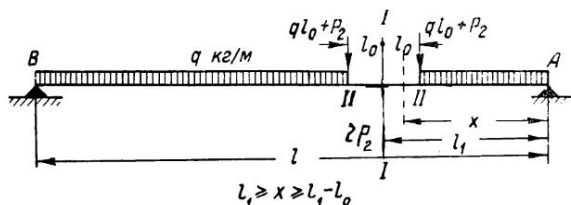


Рис. 18. Схема нагрузки на балку с «протезом».

Схема загрузки такой балки будет следующей (рис. 18):

$$M_x = A_x - q(l_1 - l_0) \cdot \left(x - \frac{l_1 - l_0}{2}\right) - P_2[x - (l_1 - l_0)] - q l_0 [x - (l_1 - l_0)]; \quad (5)$$

$$Q_x = A - q(l_1 - l_0) - P_2 - q l_0 = A - q l_1 - P_2. \quad (6)$$



Подставляем в формулу (5)  $x = l_1$ :

$$M_1 = Al_1 - q(l_1 - l_0) \cdot \frac{(l_1 + l_0)}{2} - P_2 l_0 - q l_0^2 = \frac{q l l_1}{2} - q \frac{l_1^2 - l_0^2}{2} - q l_0^2 - P_2 l_0 = \frac{q}{2} (l l_1 - l_1^2 - l_0^2) - P_2 l_0 = 0;$$

для точки  $II_n$  (рис. 19):

$$M_{II}^n = A(l_1 - l_0) - q \frac{(l_1 - l_0)^2}{2};$$

$$Q_{II}^n = A - q l_1 + P_2 = Q + P_2; Q_{II}^{n'} = P_2 - Q.$$

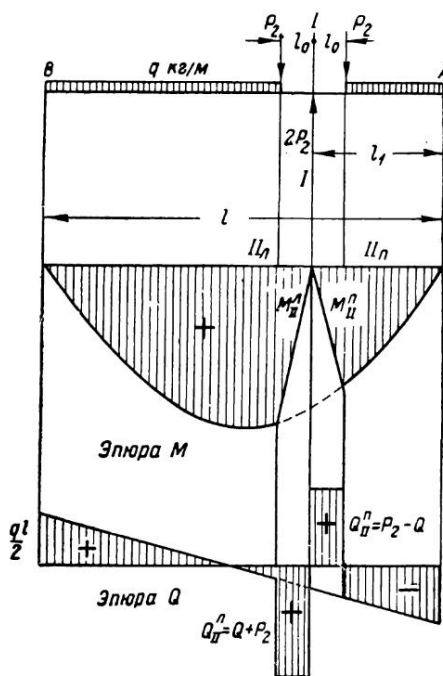


Рис. 19. Эпюры моментов и перерезывающих сил в балке с «протезом».

Расчет защемленного участка балки должен быть проведен на скалывание на

$$Q_{\max} = Q_2^A;$$

$$\tau = 1,5 \cdot \frac{Q}{F},$$

где  $F$  — площадь сечения балки.

## 6. Расчет стропильных прутковых «протезов»

Пользуясь приемом расчета балочных «протезов», легко найти уменьшенные значения размеров элементов «протеза»:

нагрузка от веса кровли с обрешеткой на  $1 \text{ м}^2$  проекции равна  $25 \text{ кг/см}^2$ ;

нагрузка от снега по ОСТ равна  $100 \text{ кг/м}^2$  при среднем расстоянии между стропилами в  $1,75 \text{ м}$ ;

нагрузка на  $1 \text{ пог. м}$  проекции стропильной ноги будет:  $q = 125 \times 1,75 +$  от собственного веса стропил  $\approx 16 = 235 \text{ кг/м}$ .

Учитывая среднее расстояние между опорами  $l = 4 \text{ м}$ , найдем:

$$Q = 235 \times 4,0 = 940 \text{ кг}; A = 470 \text{ кг}; P_1 = 940 \text{ кг}.$$

Тогда для стержней верхнего пояса получим усилие:

$$2N_1 = -2,37 A \cos 20^\circ = -1050 \text{ кг};$$

для стержней нижнего пояса:

$$2N_2 = 2,53 \times A \cos 20^\circ = 1123 \text{ кг};$$

(см. расчет балочного «протеза»).

При двух параллельных фермочках, составляющих «протез», усилия в поясах будут (рис. 20):

$$N_1 = -(525 + A \sin \alpha = -(525 + 740 \times 0,342) = -785 \text{ кг};$$

$$N_2 = +562 \text{ кг}.$$

Учитывая расположение поперечных связей в плоскости верхних поясков фермочек, длина стержня верхнего пояса на продольный изгиб принята:  $l = 38 \text{ см}$ ; сечение круглой стали диаметром  $14 \text{ мм}$ ; радиус инерции:

$$r_i \approx \frac{d}{4} = \frac{14}{4} = 0,35 \text{ см};$$

$$\lambda = \frac{l}{r_i} = \frac{38}{0,35} \approx 110; \varphi = 0,511; F = 1,54 \text{ см}^2;$$

напряжение на сжатие:

$$\sigma_{сж} = \frac{785}{1,54 \times 0,54} = 1000 \text{ кг/см}^2.$$

Для нижнего пояса, принимая диаметр  $8 \text{ мм}$ , получим:

$$\sigma_{раст} = \frac{562}{0,50} = 1124 \text{ кг/см}^2 < 1400 \text{ кг/см}^2.$$

Таким образом, ажурная конструкция «протеза» для наклонных стропил получается исключительно легкой (вес около  $10 \text{ кг}$ ).

## 7. Последовательность процесса изготовления «протезов»

Технология изготовления «протезов» сводится к выполнению ряда основных производственных операций. Перечислим их в последовательности, принятой в технологическом процессе.

1. Заготовка всех элементов, образующих «протезы», по рабочим чертежам отдельно для каждого типа в количестве, необходимом для сборки изготавливаемой партии. При изготовлении «протезов» можно с успехом использовать отходы стали (обрезки разной длины, остающиеся от арматурных и других работ). Употребляемый для изготовления «протезов» металл предварительно надо отрихтовать.

2. На заготовленных кусках швеллеров делается разметка в соответствии с принятыми в рабочих чертежах размерами. После этого швеллеры разрезают на части необходимой длины для получения опорных частей «протезов». Разрезать швеллеры

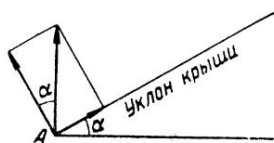


Рис. 20. Схема сил, действующих на стропильный «протез».

удобнее всего на фрезерном или строгальном станке, а при отсутствии станков — при помощи автогенного аппарата.

3. Отрихтованную арматурную сталь круглого профиля разрезают на куски требуемой длины для поясов и решетки протезных фермочек, а затем загибают по шаблону в холодном состоянии на арматурном станке.

4. Окончив заготовку, начинают сборку элементов «протезов», соблюдая определенный порядок. Прежде всего собирают (с прихваткой электродом) отдельные щечные фермочки «протезов».

Для сборки самого «протеза» необходимо заготовить специальные шаблоны из обрезков деревянного бруса (лучше обшитые жстью).

Сечение бруса должно соответствовать заданному разному и ширине «протеза» по чертежу:

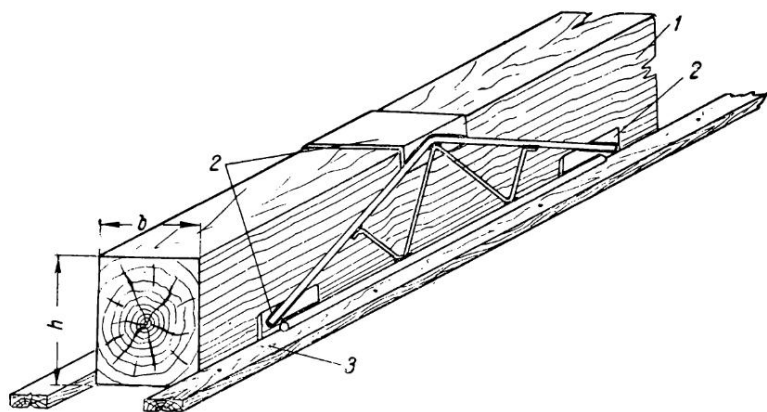


Рис. 21. Шаблон для массовой сборки «протезов»: 1 — обивка шаблона жстью; 2 — риски на шаблоне; 3 — продольные прибоины к верстаку.

Сборку ведут на верстаках. Для удобства работ «протезы» рекомендуется собирать в перевернутом виде. Верхние опорные швеллеры с этой целью укладывают непосредственно на верстак на необходимом взаимном расстоянии, отмеченном на боковых стенках шаблона (шаблон при этом укладывают на опорные планки).

Затем приставляют к шаблону щечные фермочки, опирая их снизу на дощатые продольные прибоины к верстаку по обе стороны шаблона (рис. 21).

Толщина прибоин должна соответствовать положению обра-

щенных книзу верхних поясов протезных фермочек. Последние прикрепляются электродом к верхнему и нижним опорным швеллерам.

После окончания этой операции «протез» вместе с шаблоном переворачивают и прикрепляют к верхним поясам верхнюю раскосную решетку.

5. Собранные «протезы» снимают с шаблона и окончательно проваривают все швы. Длина и толщина фланговых швов должны соответствовать рабочему чертежу. Электросварка допускается тонкообмазанными электродами Э-34 (по ГОСТ 2523—44).

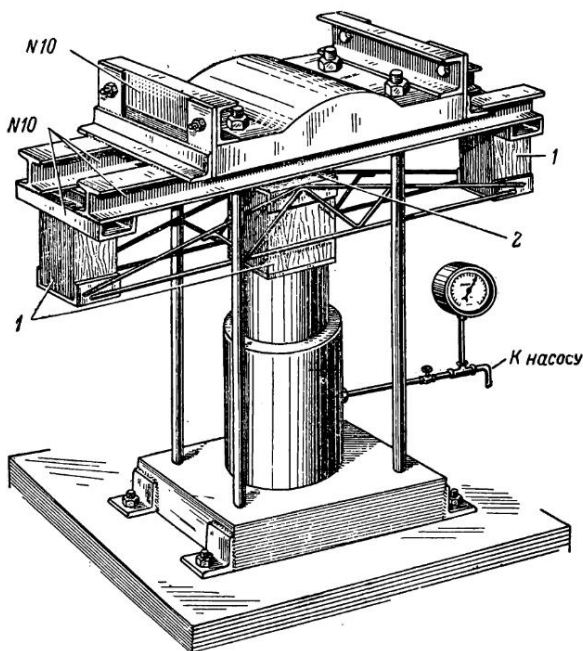


Рис. 22. Лабораторный 60-тонный гидравлический пресс для испытания «протезов»: 1 — дубовые вкладыши; 2 — зазор между верхней плитой прессы и опорным швеллером «протеза» (не менее 50 мм).

«Протезы» изготавливаются в мастерских партиями и снабжаются бирками, указывающими, для каких случаев ремонта они применяются. Принимают изготовленные «протезы», тщательно проверяя качество сварки: сварной шов не должен иметь дутиков, трещин и пережогов. Кроме того, проверяют соответствие размеров элементов «протезов» заданным по чертежам. Материалом для изготовления «протезов» является сталь марки Ст. 3, за исключением верхней и боковых раскосных решеток, которые можно изготавливать из немаркированной стали.

После изготовления «протезы» подвергают еще выборочному испытанию расчетной статической нагрузкой. Перегрузка при испытании допускается не более 10%. Испытывать «протезы» лучше всего на гидравлическом прессе лабораторного типа и лишь при его отсутствии — искусственным стандартным нагружением. Испытание при помощи прессы сводится к сосредоточенному давлению на нижнюю опорную планку «протеза». При этом верхние опорные планки упираются в неподвижную плиту прессы, конструктивно приспособленную для этой цели. Прием испытания на гидравлическом прессе показан на рис. 22.

После 5-минутной выдержки «протез» разгружают и тщательно осматривают. Сварные швы после испытания не должны иметь следов каких-либо качественных нарушений, а конструктивные элементы «протеза» — следов выгиба как в плоскости самого «протеза», так и в поперечном направлении. Величина сосредоточенного давления на среднюю опорную планку «протеза» принимается при испытании в зависимости от его типа и назначения; давление регистрируется манометром.

Опыт применения «протезов» в Ленинграде за последние 4—5 лет показал, что они обладают прочностью, значительно превышающей расчетную вследствие неучитываемой расчетом их пространственной жесткости. При лабораторном испытании на стенде с замером деформаций (см. приложение 1) «протезы» выдерживали удвоенную расчетную нагрузку без всяких признаков повреждения, а при доведении протезируемой деревянной балки до разрушения обычно выходила из строя сама балка.

## 8. Последовательность установки «протезов»

1. Установке «протезов» обоих типов предшествует тщательное обследование ремонтируемого перекрытия. Внешним признаком плохого состояния перекрытия являются провес потолка и длинные трещины в штукатурке вдоль и поперек балок. Показательны также до известной степени неровности чистого пола и его зыбкость.

Наличие в потолке протечек и ржавых пятен на штукатурке указывает в большинстве случаев на поражение древесины конструкций одним из видов грибковой гнили. Установив ненадежность перекрытия, обследователь обязан вскрыть настил пола и прежде всего вдоль заделок наружной стены здания.

Перекрытие надо обследовать и снизу, обнажив балку от подшивки в наиболее сомнительных местах.

2. Поврежденные грибком или жучком балки можно протезировать лишь после выявления характера инфекции и удаления пораженных участков древесины спиливанием, а при незначительных поражениях — стеской. Перед установкой «протезов» необходимо тщательно продезинфицировать всю здоровую древесину перекрытия.

3. Протезировать балки в ремонтируемых перекрытиях можно подряд, т. е. без соблюдения чередования целых и составных балок. При групповом протезировании необходимо устанавливать под перекрытие опорные леса, состоящие из прогонов и стоек, поддерживающих восстанавливаемые балки. В связи с необходимостью вывешивать перекрытие при помощи клиньев или домкратов необходимо принимать меры по предотвращению возможного опрокидывания временных опорных лесов (рис. 23).

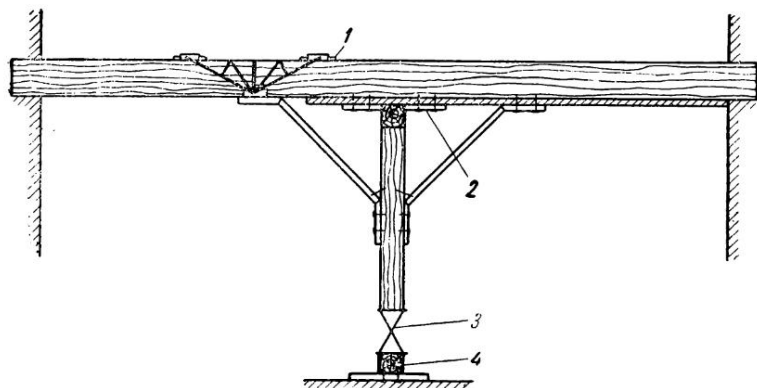


Рис. 23. Крепление опорных лесов при вывешивании перекрытий с целью предупреждения опрокидывания временных лесов: 1 — клинья; 2 — обрезки досок, предотвращающие боковое смещение прогона; 3 — домкрат; 4 — разгрузочный прогон.

Приемы установки «протезов» типов КП и ПП описаны выше (см. стр. 13). Следует иметь в виду, что при установке концевых «протезов» типа КП стеска боковых поверхностей балок не должна превышать с каждой стороны 1,5 см. При установке промежуточных «протезов» подтепка боковых поверхностей балок допускается не более 0,5 см с каждой стороны сверх стески выступающей черепной четверти. В зависимости от пролета балок и длины поврежденного конца «протезы» подбирают по их биркам (паспортам). При установке «протезов» на отдельные балки последние подвешивают на закрутках из проволоки к соседним здоровым балкам при помощи ригелей.

Временные опорные стойки, устанавливаемые на междуэтажные перекрытия, передают на последние довольно значительные сосредоточенные нагрузки. Поэтому под них надо обязательно укладывать временный разгрузочный брус, распределяющий нагрузку на несколько балок. При этом из соображений безопасности необходим восстановительный ремонт перекрытий в здании снизу вверх, т. е. начиная с первого этажа. При вывеске перекрытий бутылочными домкратами перекрытия необходимо поднимать по возможности равномерно, незначительно подвинчивая

домкраты один за другим, чтобы сохранить без повреждения здоровую часть штукатурки потолка.

Черный пол в пределах расположения «протезов» укладывается по подрезанным брускам, прибитым к балкам.

## 9. Примеры установки «протезов»

При ремонте перекрытий жилых, коммунальных и административных зданий Ленинграда за последние годы установлены тысячи «протезов». Это побудило освоить серийное производство их на одном из заводов.

При помощи промежуточных прутковых «протезов» было восстановлено перекрытие пролетом свыше 8 м над 73-й аудиторией Ленинградского инженерно-строительного института. Концевые «протезы» установлены в административных зданиях на улице Салтыкова-Щедрина.

Большой интерес представляет восстановление перекрытия по деревянным балкам пролетом 8,5 м в одном из корпусов больницы им. Карла Маркса, о чем уже упоминалось выше. Часть этих балок опиралась концами на наружную стену с большим проемом, выходящим на соларий. Вследствие плохого отвода воды с бетонной поверхности солария происходило постоянное увлажнение наружной стены в проеме. Это способствовало загниванию концов балок в заделках. При обследовании со вскрытием настила пола обнаружилось, что концы шести балок перекрытия, расположенных в ряд, сильно повреждены грибковой гнилью. У четырех балок пораженные участки распространились по длине балки на 1,5—2 м, считая от поверхности гнезд в наружной стене помещения. Две остальные балки были повреждены лишь на 0,3—0,4 м. На всем остальном протяжении мощные балки, перекрывающие пролет, не имели никаких признаков поражения, при хорошем состоянии одновременно деревянного заполнения между балками и большей частью штукатурки.

В результате повреждения балок перекрытие сильно провисло, а поэтому поддерживалось временными опорами. Лабораторное исследование образцов древесины показало, что активное инфекционное поражение конструкции домовым грибом отсутствует.

Перекрытия были восстановлены в следующей последовательности. Под все шесть дефектных балок подвели поперечный прогон (на расстоянии 2,75 м от наружной стены). Такой же брусчатый разгрузочный прогон положили на полу расположенного ниже помещения. Нагрузка от ремонтируемого перекрытия передавалась верхним прогоном на три бревенчатые стойки (диаметрами 16 см), установленные на нижнем прогоне. Под нижние торцы стоек на этом же прогоне, предохраненном от опрокидывания дощатыми прибоинами, укрепили соответственно три 5-тонных домкрата для вывешивания тяжелого перекрытия, просевшего примерно на 20—25 см. При установке стоек их устойчивость была обеспечена двусторонними дощатыми подкосами, прикрепленными к потолку при помощи торцовых упоров из обрезков досок, прибитых через подшивку к балкам перекрытия (см рис. 23).

Установка креплений с применением домкратов, скажем попутно, требует внимания и тщательного выполнения. Домкраты должны иметь нижние опорные плиты, предотвращающие опрокидывание механизмов с отверстиями для крепления к прогону. При отсутствии опорной плиты, как это бывает у некоторых типов домкратов (например, бутылочных), ее легко изготовить в виде стакана из обрезка трубы с внутренним диаметром, соответствующим размерам домкрата, и высотой не менее 10 см. Такой стакан приваривается к плите, вырезанной из котельной стали толщиной 8—10 мм. Еще проще приварить подоплву такого домкрата непосредственно к опорной плите.

Если принять указанные выше меры предосторожности, то вывеска провисших перекрытий, как показал опыт, совершенно безопасна и крайне про-

ста. При этом в целях сохранения большей части штукатурки потолка необходимо вывешивать перекрытия либо одновременным равномерным подкручиванием всех домкратов, либо подкручивать их последовательно небольшими поворотами. Последним способом было вывешено перекрытие в больнице им. Карла Маркса.

Перекрытие подняли на высоту провеса плюс приданный ему строительный подъем в 3 см для компенсации упругого прогиба балок и обмятия древесины под опорными планками «протезов». При ремонте сохранили все конструктивные элементы здоровой части перекрытия, смазку и почти всю штукатурку. Дефектные концы балок отрезали, а гнезда в стенах очистили и проантисептировали. На двух балках установили прутковые «протезы» типа КП, а на остальных четырех — прутковые промежуточные «протезы» типа ПП. При установке промежуточного «протеза» в связи с неблагоприятными условиями эксплуатации помещения концы балок нарастили металлическими кусками двутаврового профиля (№ 14), а концы балок в гнездах стен были забетонированы. Металлические части конструкции окрасили железным суриком на масле за два раза, а древесину конструкций проантисептировали 3-процентным раствором кремнефтористого натрия в горячем виде (при температуре 50° С).

В результате применения протезирования достигнута значительная экономия в средствах, так как ранее предполагалось заменить поврежденные балки полностью.

Другой интересный пример — применение прутковых «протезов» типа ПП при ремонте одного из жилых домов Дзержинского района Ленинграда. Из-за протечки в кровле дома вышли из строя три деревянные балки пролетом около 8 м, несущие на расстоянии 2,5 м от опор и рубленные стены мансардного этажа. Для смены балок требовалась частичная разборка мансарды, что было связано с выселением жильцов. Все эти затруднения удалось избежать в результате применения протезирования.

Под дефектные балки подвели стойки и прогоны на расстоянии 2,5 м от наружной стены здания. Пораженные гнилью участки балок на длину до 1,7 м срезали, а взамен поставили концы брусьев необходимого сечения с применением промежуточных «протезов». Протезируемые участки перекрытия вывесили домкратами, а «протезы» подклинили сухими сосновыми клиньями для образования необходимого строительного подъема с целью предотвращения провеса перекрытия. Последний зависит от степени влажности применяемой древесины и особенно клиньев. В случае применения воздушно-сухого леса провес измеряется миллиметрами (примерно 3—5 мм).

Наблюдения за последующей осадкой конструкции в течение месяца после окончания ремонта при помощи прогибомеров полевого типа (с точностью показаний до 0,1 мм) показали, что первоначальная естественная осадка от обмятия не вполне сухой древесины составила 5 мм (непосредственно после снятия опорных стоек). Последующая осадка в течение первой недели достигла 1—2 мм, а затем совершенно прекратилась.

Приведем еще один пример применения концевых «протезов» типа КП в одном из детских домов Калининского района Ленинграда. В данном случае представляет интерес конструктивное совмещение приема протезирования с усилением недостаточно жестких деревянных балок перекрытия помещения зала.

Пролет балок здесь равен 7,7 м. При обследовании заделок в наружной стене помещения было обнаружено поражение древесины балок в гнездах, распространившееся на 20—25 см от поверхности стены. В связи с тем, что в числе семи балок перекрытия, признанных поврежденными, оказались неповрежденные, решено было применить при их протезировании (при помощи «протезов» типа КП) способ подвески к неповрежденным балкам поврежденных при помощи ригелей и проволочных закруток.

Гнезда балок в наружной стене очистили от гнили, а под опорные планки «протезов» заложили нижние участки этих гнезд кирпичом на цементном растворе. После установки «протезов» приступили к усилению балок по пролету. Это было достигнуто в результате набойки на балки досок по пролету сече-



нием  $18 \times 4$  см и длиной 6,4 м. Набойки расположили симметрично по длине балок, так что участки с «протезами» оказались свободными от них. Набойки крепили к балкам гвоздевым забоем по расчету и тремя монтажными 12-мм болтами (по пролету каждой балки).

В результате быстро и доброкачественно выполненной работы по протезированию и усилению балок были сохранены доски чистого пола, подборы, смазка и другие здоровые части восстанавливаемого перекрытия, причем оно получило требуемую эксплуатационную жесткость. Деревянные элементы конструкций перекрытия в ходе работ тщательно проантисептировали, а металлические части покрыли асфальтовым лаком.

Значительное количество деревянных перекрытий восстановлено в Ленинграде приемом протезирования 2—6 лет тому назад. Опыт эксплуатации «протезов» обоих типов за это время показывает, что при соблюдении элементарных правил монтажных работ и изготовления «протезов» аварии реставрированных при их помощи балок исключаются. Небольшие просадки балок, вызванные усыханием древесины в случаях применения строителями недостаточно сухого леса, легко устраняются вывеской и добавочной подклинкой «протезов».

## 10. Исследование случая неправильного применения «протезов»

«Протезы» представляют собой жесткую и неизменяемую конструкцию с большой несущей способностью, проверенную лабораторными испытаниями, при условии изготовления их по чертежу без искажения конструктивной идеи внесением в конструкцию произвольных и необоснованных изменений. Чтобы показать, к каким перенапряжениям ведут такие конструктивные изменения, ниже приводится поверочный расчет конструкции «протеза», выполненный с отступлениями от рабочих чертежей. Такие «протезы» были обнаружены при проверке восстановления междуэтажных перекрытий одного из жилых домов Ленинграда (рис. 24).

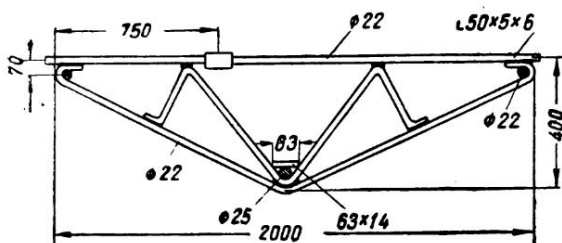


Рис. 24. Габариты «протеза» неудачной конструкции.

Ниже приводится расчет неправильно выполненного «протеза».

### НАГРУЗКИ

Конструкции и вес 1 м<sup>2</sup> протезируемого перекрытия в кг

Дощатый пол толщиной 5 см . . . . .	25
Лаги толщиной 6 мм (через 40 см) . . . . .	8

Смазка из строительного мусора (толщина мусора 16 см) . . . . .	224
Толь (1 слой) . . . . .	5
Подбор толщиной 5 см . . . . .	25
Балки 32 × 32 м пролетом в свету 6,14 м (чез рез 1,15 м) . . . . .	45
Подшивка толщиной 2,5 см . . . . .	12
Штукатурка толщиной 2—3 см . . . . .	37

Итого . . . . . 381

Полезная нагрузка по ГОСТ . . . . . 150

Нагрузка на 1 пог. м балки:

$$q = 82 \times 1,15 + (381 - 82) \times (115 - 0,32) + 150 \times 1,15 = 338 + 172 = 510 \text{ кг.}$$

Определим усилия в поясах:

1) в верхнем поясе одной фермочки:

$$N_I = \frac{A}{2 \operatorname{tg} \alpha} = \frac{1565}{2 \times 0,33} = 2370 \text{ кг,}$$

где:

$$A = 510 \times 3,07 = 1565 \text{ кг;}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{400 - 70}{1000} = 0,33;$$

2) в нижнем поясе одной фермочки:

$$N_{II} = \frac{A}{2 \sin \alpha} = \frac{1565}{2 \times 0,314} = 2490 \text{ кг,}$$

### Верхняя опорная планка

Значительный эксцентриситет из-за отсутствия центрировки на опоре вызывает резко выраженное неравномерное сжатие под опорной площадкой в гнезде стены при недопустимом перенапряжении (рис. 25), что, правда, может быть частично парализовано устройством подкладок под опорные концы.

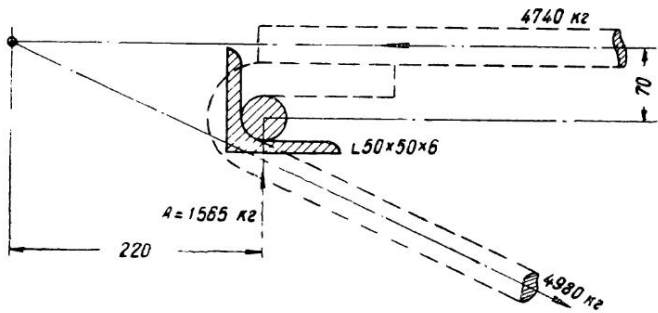


Рис. 25. Дефектная конструкция опорного узла.

Но особенно опасно влияние указанного эксцентриситета для верхнего пояса, который и так напряжен до предела.

Момент в узле в результате отсутствия центрировки:

$$M = 1565 \times 22 = 34\,400 \text{ кг/см.}$$

Этот момент распределяется между примыкающими к узлу стержнями пропорционально отношению  $\frac{I}{l}$ . Но так как сечение обеих стержней одинаково, то момент распределяется обратно пропорционально их длинам:

на верхний пояс придется:

$$M_g = 34\,400 \times \frac{64}{66 + 64} = 17\,000 \text{ кг/см.};$$

на нижний пояс придется:

$$M_n = 34\,400 \times \frac{66}{66 + 64} = 17\,400 \text{ кг/см.}$$

Верхний пояс работает как сжато изогнутый стержень.

Действующее напряжение в верхнем поясе<sup>1</sup>.

1. У заделки:

$$\delta = \frac{N}{F} + \frac{\Sigma M}{W} = \frac{4740}{7,6} + \frac{17\,000}{2,1} = 624 + 8100 = 8724 \text{ кг/см}^2,$$

где:  $N - 4740 \text{ кг};$

$F - 3,8 \times 2 = 7,6 \text{ см}^2;$

$W - 1,05 \times 2 = 2,1 \text{ см}^3;$

$\Sigma M = 17\,000 \text{ кг/см.}$

2. В пролете верхнего пояса с учетом  $\varphi$  (рис. 2б): значение  $M_c = 17\,000 \times 0,5774 = 9800 \text{ кг/см.};$

$$f_0 + \frac{0,064 \times M l^2}{EI} = \frac{0,064 \times 9\,800 \times 66^2 \times 64}{2,1 \times 10^6 \times 3,14 \times 2,2^4 \times 2} = 0,57 \text{ см.};$$

$$N_s = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = \frac{3,14^2 \times 2,1 \times 10^6 \times 3,14 \times 2,2^4 \times 2}{64 \times 66^2} = 11\,000 \text{ кг.};$$

$$\alpha^2 = \frac{N}{N_s} = \frac{4740}{11\,000} = 0,43;$$

$$f = \frac{f_0}{1 - \alpha^2} = \frac{0,57}{1 - 0,43} = 1 \text{ см.};$$

$$\Sigma M = 9800 + 4740 \times 1,0 = 14\,540 \text{ кг/см.};$$

<sup>1</sup> Ввиду незначительной разницы в опорных моментах и значениях  $N$  проверка напряжения в нижнем поясе опущена.

$$\delta = \frac{N}{F} + \frac{\Sigma M}{W} = \frac{4740}{7,6} + \frac{14\,540 \times 64 \times 1,1}{2 \times 3,14 \times 2,2^4} =$$

$$= 624 + 7000 = 7624 \text{ кг/см}^2.$$

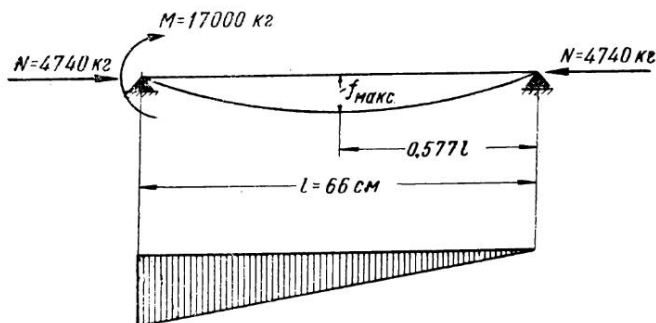


Рис. 26. Схема нагрузок, действующих на верхний сжатый стержень дефектного «протеза».

### Нижняя опорная конструкция

Конструкцию рассчитываем с учетом податливости древесины<sup>1</sup>:

$$y = \frac{8,820 \times 0,7 + 4,9 \times 2,65}{8,82 + 4,9} = 1,4 \text{ см};$$

$$I = 1,45 + 1,92 + 8,82 \times 0,7^2 + 4,9 \times 1,25^2 = 15,36 \text{ см}^4;$$

$$P = 1565 \text{ кг};$$

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ кг/см}^2;$$

$$\psi = 1200 \text{ кг/см}^3;$$

$$N = \frac{2,1 \times 10^6 \times 15,36}{12\,000 \times 6,3 \times 37^4} = 0,00227;$$

$$c = \frac{600}{5760 \times 0,00227 + 11} \times \frac{1565}{37^3} = 0,774 \text{ кг/см}^3;$$

$$a = 2 + \frac{100}{5760 \times 0,00227 + 11} \times \frac{1565}{37} = 261 \text{ кг/см};$$

$$p_{\text{макс}} = \frac{261}{6,3} = 41,5 \text{ кг/см}^2;$$

$$p_{\text{мин}} = 41,5 - \frac{0,774 \times 18,5}{6,3} \times (37 - 18,5) = 0,5 \text{ кг/см}^2.$$

(Резкая разница максимума и минимума указывает на недостаточную жесткость нижней опорной планки).

<sup>1</sup> См. приложение 7.

На основании произведенного расчета следует заключить, что выполненная в указанном случае конструкция пруткового «протеза» неправильна и угрожает прочности и устойчивости перекрытия.

## 11. О стандартизации «протезов»

Массовое применение «протезов» на балки перекрытий может иметь практический смысл лишь при условии централизованных заготовок их в мастерских, так как это удешевит их стоимость и обеспечит однородность качества. При выработке стандарта следует иметь в виду возможность обобщения типов «протезов», что облегчит выбор типа в каждом конкретном случае. При этом проект стандарта должен предусматривать не более трех-четырех обобщенных типов в результате незначительного утяжеления «протезов».

Можно предложить следующие обобщенные типоразмеры<sup>1</sup>:

1) концевой «протез» типа КП-I для применения в чердачных и междуэтажных перекрытиях при пролетах балок в свету  $\leq 8,0$  м и расстоянии между осями балок до 1,5 м;

2) промежуточный «протез» типа ПП-I для чердачных и междуэтажных перекрытий при пролетах в свету  $\leq 7,5$  м, расстоянии между балками до 1,5 м и расположении (оси) «протеза» на расстоянии  $\leq 2,0$  м от опоры балки;

3) промежуточный «протез» типа ПП-II для междуэтажных перекрытий с пролетом балок (в свету), равным 6,5 м, при расстоянии от оси «протеза» до опоры балки, равном 1,5 м, и меньшей высоте «протеза».

Ниже приводится подбор сечений предложенных трех типов «протезов» согласно выведенным выше формулам, приняв следующие обозначения:

- $q$  — нагрузка на одну погонную единицу;
- $A$  — опорная реакция;
- $M$  — изгибающий момент;
- $Q$  — перерезывающая сила;
- $N$  — продольная сила;
- $l_p$  — расчетный пролет;
- $l$  — пролет в свету; больший габаритный размер в плане;
- $l_1$  — расстояние от оси «протеза» до оси опоры протезируемой балки;
- $2l_0$  — пролет «протеза»;
- $h_0$  — разнос «протеза»;

<sup>1</sup> В приложении 5 приведена таблица для подбора «протезов», рассчитанная на большее число случаев их применения в зависимости от разной величины пролетов, нагрузок и местоположения «протезов» по длине балок.

$\sin \alpha$  и  $\operatorname{tg} \alpha$  — синус и тангенс угла, образованного пересечением верхнего пояса «протеза» с нижним;

$h$  — высота сечения;

$b$  — ширина сечения (то же — расчетная толщина электрошва);

$y_0$  — расстояние от нейтрального слоя до крайнего волокна сечения;

$I, W, S, F$  — момент инерции, момент сопротивления, статический момент и площадь сечения;

$\varphi$  — коэффициент уменьшения допускаемого напряжения на сжатие при продольном изгибе;

$\sigma$  — действующее нормальное напряжение;

$\tau$  — действующее напряжение среза;

$\sigma_{с.м}$  — действующее напряжение смятия.

### Нагрузка пролета балки и местоположение на ней «протеза»

Нагрузка  $q$  предусмотрена из расчета расстояния между балками до 1,5 м и определена:

1) для чердачных перекрытий в размере:

$$(225 + 75) \times 1,5 = 450 \text{ кг/пог. м};$$

2) для междуэтажного перекрытия в размере:

$$(250 + 150) \times 1,5 = 600 \text{ кг/пог. м},$$

где: 225 и 250 кг/м<sup>2</sup> — соответственно вес 1 м<sup>2</sup> самого перекрытия;

75 и 150 кг м<sup>2</sup> — соответственно полезные нагрузки.

Пролет  $l$  балки предусмотрен в свету:

1) для концевых «протезов» — до 7,5 м;

2) для промежуточных «протезов» — до 6,5 и 7,5 м.

Местоположение промежуточного «протеза»  $l_1$  на балке предусмотрено до 1,5 и до 2,0 м.

Длина «протеза» ( $2l_0$ ) — расстояние между осями верхних опорных площадок «протеза» — принята постоянной для всех случаев и равной 1,2 м.

Высота «протеза»  $h_0$  — расстояние между осями верхнего и нижнего поясов на середине его пролета — принята в соответствии с практически употребительной высотой сечения балки для пролетов 6—7,5 м (чердачное или междуэтажное). Предусмотрено три размера: 300, 320 и 350 мм. При этом плотная пригонка «протеза» к балке достигается установкой соответствующих клиньев.

Расстояние между фермочками в свету обуславливается шириной сечения протезируемой балки и принято:

240 мм — для «протезов» типов КП-I и ПП-II.

300 мм — для «протезов» типа ПП-I.

Материал для изготовления «протеза»:

- 1) рабочих элементов — сталь марки Ст. 3;
- 2) нерабочих элементов — немаркированная сталь.

Электроды — марки Э-34, дающие предел прочности при растяжении в сварном соединении встык не менее  $3400 \text{ кг/см}^2$ .

Определение реакций опор «протезов»:

для концевых «протезов»

- 1) от верхней опоры — по формулам:  
на стене:  $P_2 = A$  (опорная реакция);  
на балке:  $P_2 = 0,5 P_1$ ;

- 2) от нижней опоры — по формуле:

$$P_1 = 2A \left( 1 - \frac{2l_0}{l} \right);$$

для промежуточных «протезов»

- 1) от верхней опоры — по формуле:

$$P_2 = 1,1 \times \frac{A}{l_0} \times \left( l_1 - \frac{l_1^2 + l_0^2}{l} \right),$$

где 1,1 — коэффициент, учитывающий эксцентричное приложение силы у нижней планки;

- 2) от нижней опоры — по формуле:

$$P_1 = 2P_2.$$

После соответствующих вычислений найденные величины реакций сведены в табл. 1.

Таблица 1

Реакция в кг	Т и п		
	КП-1	ПП-1	ПП-II
$P_2$ . . . . .	2250	6 150	5 000
$P_1$ . . . . .	4500	12 300	10 000

Усилия в поясах протезных фермочек определены:

для концевых «протезов»

- 1) в одном стержне нижнего пояса — по формуле:

$$N_n = \frac{P_2}{2 \sin \alpha};$$

2) в одном стержне верхнего пояса — по формуле:

$$N_B = \frac{P_2}{2 \operatorname{tg} \alpha};$$

для промежуточных «протезов» стержневые усилия определены по тем же формулам.

После соответствующих вычислений найденные величины сведены в табл. 2.

Таблица 2

Усилие в кг	Т и п		
	КП-1	ПП-1	ПП-11
$N_H$ . . . . .	+ 2400	+ 6900	+ 6030
$N_B$ . . . . .	− 2210	− 6150	− 5500

### Расчет элементов «протезов»

КП-1 — концевой «протез», тип I (рис. 27):

элемент № 1 — верх-

ний пояс:

из круглой стали  $\varnothing 18$  мм;

при  $N_B = -2210$  кг,  $l_p =$

$= 40$  см имеем напряжение:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} = \frac{2210}{0,6 \times 2,54} = 1450 \text{ кг/см}^2;$$

приварка по контуру швом

толщиной 8 мм с напуском

конца стержня за грань опоры на 40 мм<sup>1</sup>.

Элемент № 2 — нижний пояс:

из круглой стали  $\varnothing 14$  мм;

при  $N_H = 2400$  кг имеем напряжение:

$$\sigma = \frac{N_H}{F} = \frac{2400}{1,54} = 1554 \text{ кг/см}^2;$$

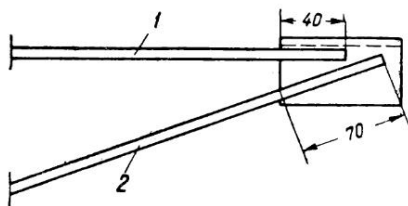


Рис. 27. Схема верхнего узла «протеза».

приварка по контуру швом толщиной 8 мм с напуском за грань опоры на 70 мм.

Элемент № 4 — опорная планка в гнезде стены:

<sup>1</sup> Длина сварного шва для упрощения определяется величиной напуска конца стержня на опорную планку.



из швеллера № 24, длиной 12 см, с полосой сечением  $10 \times 40$  мм (рис. 28); расстояние до нейтральной оси:

$$y_0 = \frac{4,0 \times 2,0 + 11,4 \times 4,475}{4,0 + 11,4} = 3,83 \text{ см.}$$

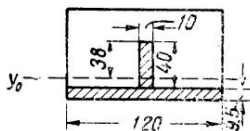


Рис. 28. Сечение опорной планки концевого «протеза» в гнезде стены.

Предварительно определены момент инерции и момент сопротивления составного сечения опорной планки:

$$I_x = 5,33 + 0,86 + 4,0 \times 1,83^2 + 11,4 \times 0,645^2 = 24,33 \text{ см}^4;$$

$$W_{\min} = \frac{24,33}{3,83} = 6,35 \text{ см}^3.$$

Проверка на сжатие кирпичной кладки под планкой.

Напряжение определится по формуле:

$$\sigma_{сж} = \frac{A}{F} = \frac{2250}{24 \times 12} = 7,8 \text{ кг/см}^2;$$

что меньше допускаемых  $8 \text{ кг/см}^2$  (при кирпиче среднего качества).

Проверка сечения опорной плиты на изгиб

Работу опорной плиты можно рассматривать с достаточной для практики точностью, как работу однопролетной балки с упруго заделанными концами, несущей равномерно распределенную нагрузку.

Тогда:

$$M = 0,1ql^2 = 0,1 \times (7,8 \times 12) \times (24 - 4)^2 = 3740 \text{ кг/см};$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{3740}{6,35} = 590 \text{ кг/см}^2.$$

Расчет швов, скрепляющих полосу со швеллером

Принят сплошной шов толщиной 8 мм.

Тогда:

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{I \cdot 2b} = \frac{936 \times 7,32}{24,33 \times 2 \times 0,56} = 251 \text{ кг/см}^2,$$

что меньше допускаемых  $800 \text{ кг/см}^2$ .

Верхняя опорная планка концевого «протеза» на балку:

из швеллера № 24, длиной 12 см, с прутком из круглой стали  $\varnothing 20$  мм (рис. 29);

расстояние до нейтральной оси:

$$y_0 = \frac{3,14 \times 1,0 + 11,4 \times 2,475}{3,14 + 11,4} = 2,15 \text{ см};$$

$$I_k = 0,93 + 0,86 + 3,14 \times 1,15^2 + 11,4 \times 0,325^2 = 7,16 \text{ см}^4;$$

$$W_{\text{мин}} = \frac{7,16}{2,15} = 3,33 \text{ см}^3;$$

$$M_1 = 0,1 \times (8 \times 12) \times (24 - 4)^2 = 3840 \text{ кг/см};$$

$$\sigma_{\text{с.м}} = \frac{2250}{24 \times 12} = 8 \text{ кг/см},$$

что допустимо;

$$\sigma_u = \frac{3840}{3,33} = 1155 \text{ кг/см}^2.$$

Приварка прута к швеллеру сплошным швом толщиной 8 мм.

Нижняя опорная планка концевого «протеза» на балку: из швеллера № 24, длиной 14 см, с двумя прутками из круглой стали  $\varnothing 20$  см (рис. 30);

расстояние до нейтральной оси составного сечения:

$$y_0 = \frac{9,82 \times 1,25 + 3 \times 2,975}{9,82 + 13,3} = 2,25 \text{ см};$$

момент инерции:

$$I_x = 3,84 + 1,0 + 9,82 \times 1,0^2 + 13,3 \times 0,725^2 = 21,7 \text{ см}^4.$$

Среднее напряжение смятия древесины:

$$p_{\text{ср}} = \frac{4500}{14 \times 24} = 13,4 \text{ кг/см}^2;$$

$$W_{\text{мин}} = \frac{21,7}{2,25} = 9,65 \text{ см}^3;$$

$$M = 0,1 \times 13,4 \times 4 \times 20^2 = 7500 \text{ кг/см};$$

$$\sigma_u = \frac{7500}{9,65} = 780 \text{ кг/см}^2.$$

Приварка прутков к швеллеру сплошным швом толщиной 8 мм.

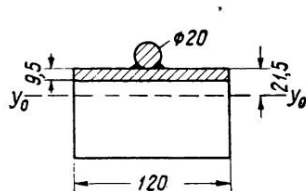


Рис. 29. Сечение верхней опорной планки.

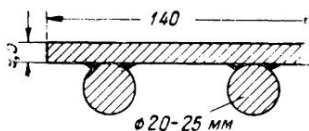


Рис. 30. Сечение нижней опорной планки концевого «протеза».

Проверка достаточности назначенного шва:

$$\tau = \frac{QS}{l \cdot 4b} = \frac{2250 \times 9.82 \times 1.00}{21.7 \times 4 \times 0.56} = 447 \text{ кг/см}^2,$$

что меньше допускаемых  $800 \text{ кг/см}^2$ .

ПП-1 промежуточный «протез», типа I.

Верхний пояс (элемент № 1):

из круглой стали  $\varnothing 25 \text{ мм}$ ;

при  $N = 6150 \text{ кг}$ ,  $l_p = 40 \text{ см}$  имеем:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} = \frac{6150}{0.84 \times 4.91} = 1491 \text{ кг/см}^2;$$

приварка к контуру швом толщиной  $10 \text{ мм}$  с напуском конца стержня за грань опоры на  $60 \text{ мм}$  (рис. 31).

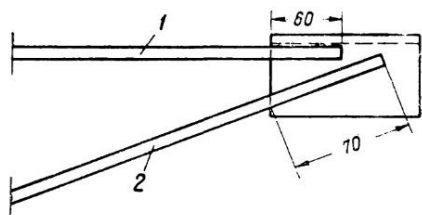


Рис. 31. Схема верхнего узла промежуточного «протеза».

Нижний пояс (элемент № 2):

из круглой стали  $\varnothing 22 \text{ мм}$ ;

при  $N_n = 6900 \text{ кг}$  имеем напряжение:

$$\sigma = \frac{N_n}{F}$$

$$= \frac{6300}{3.80} = 1650^* \text{ кг/см}^2;$$

приварка по контуру швом толщиной  $10 \text{ мм}$  с напуском стержня за грань опоры на  $70 \text{ мм}$ .

Верхняя опорная планка:

из швеллера № 30, длиной  $17 \text{ см}$ , с двумя прутками из круглой стали  $\varnothing 30 \text{ мм}$ ;

расстояние до нейтральной оси:

$$y_0 = \frac{14.14 \times 1.5 + 66.5 \times 3.55}{14.14 + 18.7} = 2.67 \text{ см};$$

$$I_x = 7.94 + 1.88 + 14.14 \times 1.0^2 + 18.7 \times 1.05^2 = 44.82 \text{ см}^4;$$

$$W_{\text{мин}} = \frac{44.82}{2.67} = 16.8 \text{ см}^3;$$

$$P_{\text{ср}} = \frac{6150}{459} = 13.4 \text{ кг/см}^2;$$

$$M = 0.1 \times 13.4 \times 17 \times 26^2 = 15400 \text{ кг/см};$$

$$\sigma_u = \frac{15400}{16.8} = 915 \text{ кг/см}^2.$$

\* Перенапряжение  $3\% < 5\%$  допускаемых.

Приварка прутов к швеллеру сплошным швом толщиной 8 мм:

$$\tau = \frac{QS}{I \cdot 2b} = \frac{3075 \times 21,21}{55,61 \times 6 \times 0,56} = 347 \text{ кг/см}^2,$$

что меньше допускаемых 800 кг/см<sup>2</sup>.

Нижняя опорная планка:

из швеллера № 30, длиной 30 см, с полосой сечением: 12 × 80 мм; расстояние до нейтральной оси:

$$y_0 = \frac{9,6 \times 4,0 + 35,2 \times 8,55}{9,6 + 35,2} = 7,55 \text{ см};$$

$$I_x = 51,2 + 3,55 + 9 \times 673,55^2 + 35,2 \times 1,0^2 = 211 \text{ см}^4;$$

$$W_{\text{мин}} = \frac{211}{7,55} = 28,0 \text{ см}^3;$$

$$M = 0,1 \times 14,8 \times 32 \times 26^2 = 3200 \text{ кг/см};$$

$$P = \frac{12300}{810} = 15,4 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma = \frac{32000}{28} = 1150 \text{ кг/см}^2.$$

Приварка полосы к швеллеру сплошным швом толщиной 10 мм.

Тогда:

$$\tau = \frac{QS}{I \cdot 2b} = \frac{6150 \times 35}{214,3 \times 2 \times 0,7} = 718 \text{ кг/см}^2,$$

что меньше допускаемых 800 кг/см<sup>2</sup>.

ПП-П — промежуточный „протез“, тип П.

Верхний пояс (элемент № 1):

из круглой стали Ø 25 мм;

при  $N_s = -5500$  кг и  $L_p = 40$  м имеем:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} = \frac{5500}{0,84 \times 4,91} = 1335 \text{ кг/см}^2;$$

приварка к контуру швом толщиной 10 мм с напуском конца стержня за грань опоры на 60 мм.

Нижний пояс (элемент № 2):

из круглой стали Ø 22 мм;

при  $N = 6030$  кг имеем:

$$\sigma = \frac{6030}{3,8} = 1585 \text{ кг/см}^2;$$

приварка по контуру швом толщиной 10 мм, с напуском стержня за грань опоры на 70 мм.

Верхняя опорная планка: из швеллера № 24, длиной 17,5 см, с тремя прутами из круглой стали  $\varnothing 30$  мм.

Расчет планок произведен с учетом отпора древесины<sup>1</sup>.  
 Расстояние до нейтральной оси:

$$y_0 = \frac{21,21 \times 1,5 + 16,62 \times 3,475}{21,21 + 16,62} = 2,37 \text{ см};$$

$$J_x = 11,92 + 1,25 + 21,21 \times 0,87^2 + 16,62 \times 1,105^2 = 49,7 \text{ см}^4;$$

$$P = \frac{5000}{2} = 2500 \text{ кг};$$

$$N = \frac{2,1 \times 10^6 \times 49,7}{1200 \times 17,5 \times 21^4} = 0,0256;$$

$$c = \frac{600}{5760 \times 0,0226 + 11} \times \frac{2500}{21^3} = 1,02 \text{ кг/см}^3;$$

$$a = \left( 2 + \frac{100}{5760 \times 0,0256 + 11} \right) \times \frac{2500}{21} = 313 \text{ кг/см}.$$

Величина отпора древесины постели:

$$p = \frac{313}{17,5} - \frac{1,02 \cdot x^3}{17,5} \cdot (21 - x).$$

При  $x = 0$  —  $p_{\text{макс}} = 17,9 \text{ кг/см}^2$ ;

$$\text{при } x = \frac{l}{8} = 2,62 \text{ см} \text{ — } p = 15,1 \text{ кг/см}^2;$$

$$\text{при } x = \frac{l}{4} = 5,24 \text{ см} \text{ — } p = 13,1 \text{ кг/см}^2;$$

$$\text{при } x = \frac{3l}{8} = 7,88 \text{ см} \text{ — } p = 12,3 \text{ кг/см}^2;$$

$$\text{при } x = \frac{l}{2} = 10,5 \text{ см} \text{ — } p_{\text{мин}} = 11,5 \text{ кг/см}^2.$$

При этом среднее значение напряжения смятия древесины:

$$p_{\text{ср}} = \frac{5000}{368} = 13,6 \text{ кг/см}^2 < 15 \text{ кг/см}^2.$$

Приварка прутков к швеллеру сплошным швом толщиной 8 мм.

Тогда:

$$\tau = \frac{QS}{l \cdot 4b} = \frac{2500 \times 18,5}{49,7 \times 60,56} = 278 \text{ кг/см}^2,$$

что меньше допускаемых 800 кг/см<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> См. приложение 7

Нижняя опорная планка:  
 из швеллера № 24, длиной 250 мм, с полосой сечением  
 10 × 70 мм;  
 расстояние до нейтральной оси:

$$y_0 = \frac{7,0 \times 3,5 + 33,3 \times 7,475}{7,0 + 33,3} = 6,8 \text{ см};$$

$$I_x = 28,7 + 2,5 + 7,0 \times 3,3^2 + 33,3 \times 0,675^2 = 122,7 \text{ см}^4;$$

$$P = \frac{10000}{2} = 5000 \text{ кг};$$

$$N = \frac{2,1 \times 10^6 \times 122,7}{1200 \times 34 \times 21^4} = 0,0325;$$

$$c = \frac{600}{5760 \times 0,0325 + 11} \times \frac{500}{21^3} = 1,63 \text{ кг/см}^3;$$

$$a = \left( 2 + \frac{100}{5760 \times 0,0325 + 11} \right) \times \frac{5000}{21} = 606 \text{ кг/см}.$$

Величина отпора древесины постели:

$$p = \frac{606}{34} - \frac{1,63 \cdot x}{34} \cdot (21 - x).$$

При  $x = 0 - p_{\text{макс}} = 17,8 \text{ кг/см}^2$ ;

при  $x = \frac{1}{8} = 2,62 \text{ см} - p = 15,5 \text{ кг/см}^2$ ;

при  $x = \frac{1}{4} = 5,24 \text{ см} - p = 13,8 \text{ кг/см}^2$ ;

при  $x = \frac{3}{8} = 7,88 \text{ см} - p = 12,8 \text{ кг/см}^2$ ;

при  $x = \frac{1}{2} = 10,5 \text{ см} - p_{\text{мин}} = 12,5 \text{ кг/см}^2$ .

При этом среднее значение напряжения смятия:

$$p_{\text{ср}} = \frac{10000}{715} = 14 \text{ кг/см}^2 < 15 \text{ кг/см}^2.$$

Приварка полосы к швеллеру сплошным швом толщиной 10 мм:

$$\tau = \frac{QS}{l \cdot 2b} = \frac{5000 \times 23,1}{122,7 \times 2 \times 0,7} = 673 \text{ кг/см}^2,$$

что меньше допускаемых 800 кг/см<sup>2</sup>.

Глубина подрезки концов протезируемой балки определена по нормам, с учетом результатов испытаний.

Тип «протеза» на балку	Параметры протезируемой балки			Разнос «протеза» в мм, h <sub>0</sub>	№ элемента и его сечение в мм								Приварка элементов			
	нагрузка	расчетный пролет, l <sub>p</sub> (см. рис. 32)	расстояние до оси «протеза» l <sub>1</sub>		диаметр				диаметр				№ 1 и 2 швом по контуру толщиной в мм		элемент № 1	элемент № 2
					1	2	3	4	5	6	7	8	9			
КП-1 Чердачная и междуэтажная	Длина < 8,0 м	—	—	300	18	14	10	С № 24, l = 120	С № 24, l = 140	10×40	25	10	5×20	8	40	70
					25	22	10	С № 27, l = 170	С № 27, l = 300	12×70	30	10	—	10	60	70
ПП-1 Чердачная и междуэтажная	6,5 < l < 8,0 м	До 2 м	До 2 м	350	25	22	10	С № 27, l = 170	С № 27, l = 300	12×70	30	10	—	10	60	70
ПП-1 Междуэтажная	l < 7,0 м	До 1,5 м	До 1,5 м	320	25	22	10	С № 24, l = 175	С № 24, l = 250	10×60	30	10	—	10	60	70

Примечание. Приварка элементов № 6 и № 7 во всех случаях по контуру 8 мм швом.

Допускаемая глубина подрезки:

1) для концевых «протезов» — в 5 см, чему примерно соответствует нормативная величина:

$$\frac{A}{bh} = \frac{3800}{24 \times 34} = 4,65 \text{ кг/см}^2;$$

2) для промежуточных «протезов» — в 3 см — меньше соответствующей нормативной величины:

$$\frac{A}{bh} = \frac{6150}{26,5 \times 38} = 6,1 \text{ кг/см}^2.$$

При этом следует иметь в виду, что подрезка балки под промежуточным протезом далеко не всегда вызывается необходимостью, и ее надо, по возможности, избегать, ограничиваясь лишь подрезкой на толщину нижней опорной планки, как это уже рекомендовалось выше. Такая подрезка должна скрыть ее в пределах подшивки, что дает преимущества при штукатурке потолка.

В результате расчетов элементы «протезов» трех выбранных обобщенных типов сведены в приводимую ниже табл. 3.

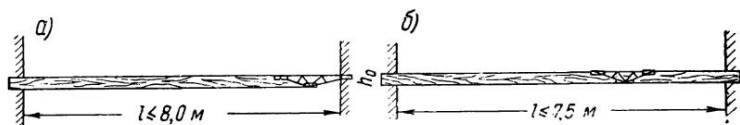


Рис. 32. Подбор сварных прутковых «протезов»: а — концевой «протез» (КП-1); б — промежуточные «протезы» (ПП-1 и ПП-11).

## 12. Экономические показатели

Для выявления некоторого среднего экономического показателя, характеризующего прием протезирования балок при капитальном ремонте деревянных перекрытий жилых зданий, ниже приводится сравнительный анализ стоимости работ при двух вариантах ремонта:

а) для случая обычной смены балок междуэтажного перекрытия со всеми работами, связанными с его восстановлением;

б) то же для случая реставрации балок приемом протезирования.

Для сравнительного подсчета принята вырезка участка междуэтажного перекрытия шириной 1 м (применительно к обычному шагу балок в жилых зданиях) и длиной по пролету балок в свету 6 м. Калькуляции стоимости работ и материалов составлены по единичным расценкам Ленинградского городского жилищного управления за 1950 г. и сведены для удобства сравнения в табл. 4 и 5.



В табл. 4 приведены данные обычной смены балок, а в табл. 5 — путем протезирования.

Таблица 4

№ расценок	Наименование работ	Единица измерения	Количество	Единичная цена в руб.	Сумма в руб.
ПЛ-30	Разборка старых балок . . . . .	м <sup>2</sup>	6,0	0,93	5,58
ПЛ-31	Укладка новых балок . . . . .	шт.	1	113,12	113,12
ПЛ-23	Разборка подбора . . . . .	м <sup>2</sup>	12,0	0,25	3,12
ПЛ-24	Укладка подбора . . . . .	"	12,0	8,40	100,80
ПЛ-27	Разборка подшивки . . . . .	"	12,0	1,38	16,56
ПЛ-28	Подшивка 2,5 см досками . . . . .	"	12,0	5,75	69,0
ПЛ-21,22	Смена засыпки в перекрытии . . . . .	"	12,0	4,25	51,0
Ш-1,7	Штукатурка потолка в перекрытии . . . . .	"	14,0	8,01	112,14
Итого . . . . .					471,32

Из сопоставления данных табл. 4 и 5 можно заключить, что в случае применения концевого «протеза» стоимость капитально-восстановительного ремонта перекрытий приемом протезирования примерно в три раза меньше, чем при обычной смене балок.

Таблица 5

№ расценок	Наименование работ	Единица измерения	Количество	Единичная цена в руб.	Сумма в руб.
ПЛ-30	Разборка и опиловка конца . . . . .	м <sup>2</sup>	3,0	0,93	2,79
По калькуляции	Изготовление и установка «протеза» . . . . .	шт.	1	65,0	65,0
ПЛ-23	Разборка подбора . . . . .	м <sup>2</sup>	3,0	0,26	0,78
ПЛ-24	Укладка подбора . . . . .	"	3,0	8,40	25,20
ПЛ-27	Разборка подшивки . . . . .	"	3,0	1,38	4,14
ПЛ-28	Подшивка вновь . . . . .	"	3,0	5,75	17,25
ПЛ-21, 22	Смена засыпки . . . . .	"	3,0	4,25	12,75
Ш-1,7	Штукатурка потолка . . . . .	"	4,0	8,01	32,04
Итого . . . . .					159,95

Следует еще указать, что при составлении сравнительной калькуляции не учитывалась вытяжка карниза, длина которого при смене балок по крайней мере вдвое больше, чем при установке «протеза» с одного конца.

Основное преимущество «протезов» перед многими другими

приемами раставрации балок заключается в использовании работы их древесины на смятие, т. е. в правильном конструктивном решении статической задачи, в жестком защемлении конца балки не с боков, а по ее верхнему и нижнему обрезам в условиях возможного наибольшего разноса опорных планок, работающих только на смятие древесины. Между тем, на ремонтных работах значительно распространен нерациональный прием усиления и наращивания балок при помощи дощатых накладок на нагелях и болтах, вызывающих недопустимые для древесины усилия на расслаивание поперек волокон.

Серийно изготавливаемые из отходов металла «протезы» для разных случаев практики сводят ремонт перекрытий лишь к установке их, для чего не требуется высокой квалификации рабочих и больших затрат времени. Централизованное изготовление «протезов» обеспечивает однородность их качества и снижение себестоимости. Кроме того, массовая заготовка их, упрощая и расширяя область применения протезирования при восстановлении балок деревянных перекрытий, предупреждает самовольные отступления от принятой и проверенной конструктивной схемы, которые могут привести к нежелательным последствиям.

Наибольший экономический эффект применения «протезов» получается при больших пролетах балок в свету (5—8 м). Поэтому и конструктивные размеры их элементов рассчитаны в прилагаемой ниже таблице (см. приложение 5) для пролетов в свету до 6,5 и 7,5 м.

Применение «протезов» имеет и другие преимущества. Они прежде всего легко допускают удлинение балок при перекрытии больших пролетов и отсутствии «длинномера». При укладке балок на внутренние стены зданий «протезы» не создают больших затруднений в тех случаях, когда заделки деревянных балок расположены близ дымовых каналов. Применяя металлические наконечники, можно во многих случаях избежать устройства трудоемких ригелей для опирания балок. Кроме того, при установке «протезов» их почти не нужно прикреплять к балкам: увеличение нагрузки на балку лишь увеличивает защемление ее конца под опорными планками «протеза».

В отдельных случаях, например, при восстановлении длинных балок подмансардного перекрытия, поддерживающих стены мансардного этажа, у которых прогнили концы в гнездах наружных стен, применение «протезов» является, пожалуй, единственно рациональным приемом восстановления перекрытия. Смена дефектных балок потребовала бы разборки всей мансарды, несмотря на то, что древесина остальных элементов конструкции совершенно здорова.

Помимо неоспоримых преимуществ, прутковые «протезы» имеют и недостаток, заключающийся в том, что на их изготовление требуется металл. Хотя речь идет об использовании отходов и обрезков сортовой стали и при небольшом весе прутковых «про-

тезов» (вес концевого «протеза» около 20 кг) расход ее сравнительно невелик, тем не менее это вызывает некоторые ограничения повсеместного распространения приема. В больших промышленных центрах, где всегда имеется известное количество отходов металла, протезирование деревянных конструкций вытесняет все другие способы их восстановления при капитальном ремонте.

Для облегчения подбора прутковых «протезов» применительно к разным случаям практики в приложении 5 дана таблица для 10 типов, как концевых, так и промежуточных. Соответствующий тип выбирается по пролету и нагрузке на погонный метр балки.

Многочисленные испытания прутковых концевых и промежуточных «протезов», изготовленных по рабочим чертежам, согласно приведенным выше расчетам, показали их несколько преувеличенную прочность. Это объясняется тем, что «протезы» представляют собой в сущности жесткие пространственные системы. Между тем, их статический расчет проведен для упрощения в условиях расчленения конструкции на плоские, статически определимые фермочки и опорные элементы, работающие на поперечный изгиб от реактивного отпора сминаемой древесины. Это указывает на целесообразность некоторого облегчения конструкции «протезов» и, в особенности, наиболее тяжелого типа — ПП (промежуточных «протезов»). В то время как вес концевого «протеза» (тип КП) составляет около 20 кг, вес промежуточного (для больших пролетов балок) доходит до 36 кг. Заметное увеличение веса промежуточного «протеза» происходит главным образом в результате применения при мощных балках больших пролетов опорных частей из обрезков швеллеров № 27 и № 30, усиленных приварными парными прутками. Вес этих элементов составляет до 60% веса всего «протеза».

Исходя из приведенных выше соображений, для промежуточных «протезов» можно предложить видоизмененную конструкцию верхних опорных планок (рис. 33) в двух вариантах: первый вариант заключается в замене обрезка швеллера № 30, расположенного вдоль балки, обрезком швеллера № 10 или № 12, располагаемым поперек балки, к которому привариваются с обоих торцов заготовленные обрезки листовой стали толщиной 6 мм, служащие опорными косынками прутковых фермочек. Второй вариант предусматривает замену швеллеров мелкого профиля, которых может не быть при изготовлении «протезов», уголками  $50 \times 50 \times 6 \times 60 \times 60 \times 6$  мм, как показано на рис. 33. В обоих случаях вес промежуточного «протеза» сокращается в среднем до 30 кг, а концевого — до 18 кг.

Такое видоизменение конструкции верхних опор «протезов» позволяет уменьшить их вес и использовать все виды обрезков металла — не только из отходов промышленных предприятий, но и обычно неиспользуемые концы профильных уголков, полосовой, круглой и прочей стали, остающиеся на строительных площадках

после изготовления анкеров для балок, выносных карнизных плит, связей и других конструктивных креплений здания. Описанная выше видоизмененная конструкция опор «протезов» была подвергнута пробному испытанию статической нагрузкой. Испытание показало, что прочность конструкции не уступает применяемым в «протезах» типов КП и ПП обрезкам швеллеров №№ 24, 27 и 30, хотя последние значительно тяжелее.

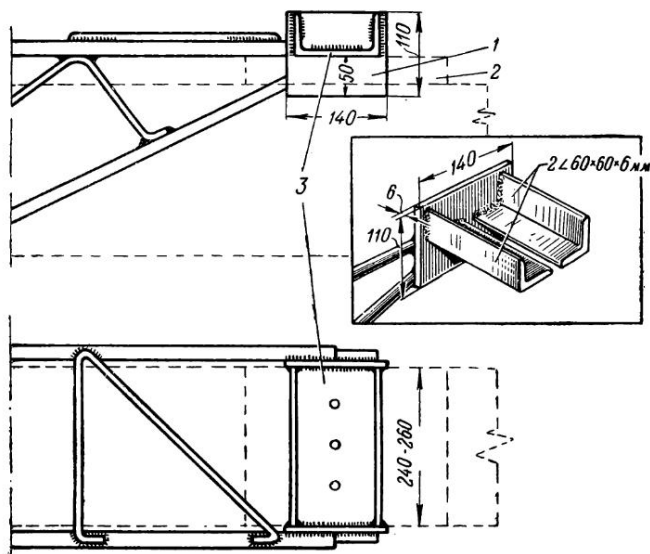


Рис. 33. Деталь конструкции верхних опорных планок в двух облегченных вариантах:  
 1 — планка толщиной 6 мм при размерах 110 × 140 мм;  
 2 — подклинка; 3 — швеллер № 10 или № 12.

Необходимо только при замене одного профиля металла другим осуществлять элементарную проверку достаточности площади на смятие древесины, а в сомнительных случаях — и на изгиб верхних опорных планок поперек балки (способом, изложенным в разделе статических расчетов прутковых «протезов»). Круглые сечения поясных прутков можно также без ущерба заменить уголками мелких профилей.

## II. БАЛОЧНЫЕ «ПРОТЕЗЫ» КОНСТРУКЦИИ

инж. Н. А. АНУФРИЕВА

Помимо описанных выше прутковых «протезов» при частичном восстановлении поврежденных балок деревянных перекрытий, в Ленинграде применяется другой тип «протезов» из жестких профилей, предложенный инж. Н. А. Ануфриевым. Этот тип «протезов» основан на том же расчетно-конструктивном принципе передачи давления в защемленных участках балок на смятие древесины под верхними и нижними планками.

### 1. Описание конструкции

«Протез» системы инж. Н. А. Ануфриева состоит из двух пар хомутов-сиделок, располагаемых по обеим сторонам стыка наращиваемых балок (рис. 34), симметрично к нему. При этом одна

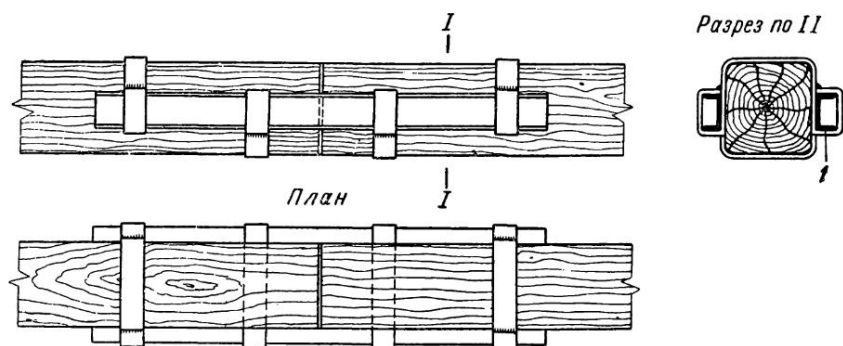


Рис. 34. Балочный «протез» конструкции инж. Н. А. Ануфриева:  
I — швеллер № 12 или № 14.

пара хомутов, изготовляемых из полосовой стали, охватывает концы балок сверху, а другая — снизу. В отверстия, образованные загибом хомутов, с приваркой в примыкании вставляют с обеих сторон два обрезка швеллера, сечения которых и длина находятся в прямой зависимости от длины пролета балок и местоположения стыка по пролету.

При больших пролетах длина парных швеллеров, заменяющих сечение древесины, достигает 2—2,5 м. Поэтому для того, чтобы избежать большого расхода отходов металла, конструкцию «протезов» системы инж. Н. А. Ануфриева следует применять при пролетах, не превышающих 6—6,5 м.

Описываемая конструкция по существу представляет собой промежуточный «протез». В случае применения ее в виде концевого на обрез балки после удаления поврежденной части надевают два хомута, а вставленные в них боковые швеллеры за-

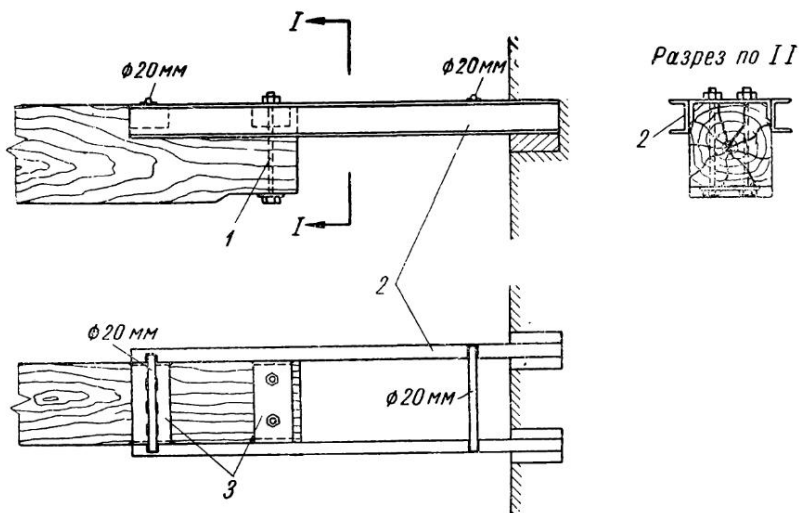


Рис. 35. Видоизмененный балочный концевой «протез» конструкции инж. Н. А. Ануфриева из жестких профилей:

1 — болты диаметром 16 мм; 2 — швеллер № 10 или № 12; 3 — обрезки швеллеров № 18 или № 20, либо поперечные швеллеры № 10 (соединения делаются на электросварке, швы  $h = 6$  мм).

кладывают в гнезда стены. В этом случае конструкция создает то преимущество, что сечения закладываемых в стену швеллеров не превышают № 12 или № 14. Наличие металлических концов швеллеров может облегчить укладку балок на внутренние стены помещений с большим числом дымовых каналов, а также допускает устройство участков негоряемых перекрытий в случаях, когда концы наращиваемых балок выходят в помещения санитарных узлов или находятся у кухонных раковин и моек.

Учитывая преимущества «протезов» инж. Н. А. Ануфриева в последнем случае, при ремонте одного из зданий Ленинграда была применена несколько измененная конструкция их (рис. 35). Опорные хомуты в этом случае заменили подушками из обрезков швеллеров (по образцам, применяемым в прутковых «протезах»),

приваренными к балочкам. Смысл этого небольшого конструктивного изменения заключался в стремлении создать возможность подтяжки «протеза» в случае провеса перекрытия при помощи введенных в конструкцию болтов, работающих на растяжение. В обычной конструкции «протезов» инж. Н. А. Ануфриева это достигается труднее.

Принципиальные основы расчета протезируемых балок приемом инж. Н. А. Ануфриева те же, что и в случае применения прутковых «протезов». Но при этом есть разница, заключающаяся в том, что сам «протез» представляет собой не фермочки, работающие на осевые усилия, а заземленные балки, работающие на изгиб. Последнее обстоятельство естественно делает конструкцию более грузной.

## 2. Применение «протезов»

Конструкция «протезов» инж. Ануфриева применяется в ремонтно-строительных организациях системы жилищного управления Ленинграда и трестов райисполкомов при восстановлении деревянных перекрытий городского жилого фонда. Применяв их в Смольнинском и Василеостровском районах Ленинграда для раставрации деревянных балок пролетом 6—7 м, ремонтные организации приняли меры по предварительной вывеске наращиваемых балок на величину, несколько превышающую их расчетный упругий прогиб, подклинив металлическими клиньями несущие хомуты. Этим им удалось предупредить провес конструкции.

К достоинствам конструкции балочных «протезов» инж. Н. А. Ануфриева следует отнести простоту их изготовления и сборки, позволяющую осуществлять протезирование балок непосредственно на строительстве. Но это преимущество имеет и свою отрицательную сторону, так как ставит изготовление ответственной несущей конструкции в зависимость от местных («полевых») условий строительной площадки, не обеспечивая однородности качества изготавливаемых «протезов».

Наряду с достоинствами, этот тип «протезов» имеет и некоторые недостатки, ограничивающие его применение при восстановлении перекрытий. К ним относятся:

а) крайняя неравномерность распределения напряжений смятия под хомутами из полосовой стали по поверхности горизонтальных участков балки, а следовательно, повышенная податливость связи;

б) отсутствие жесткости и неизменяемости конструкции;

в) необходимость заготавливать кованые хомуты на месте;

г) значительный вес «протезов».

Внесение описанных выше небольших изменений в конструкцию «протезов» системы инж. Н. А. Ануфриева позволяет устранить эти недостатки, за исключением последнего, связанного с общим конструктивно-экономическим преимуществом фермочки перед работающей на изгиб балкой.

Обследование балочных «протезов» конструкции инж. Н. А. Ануфриева через год после установки их в Василеостровском и Смольнинском районах Ленинграда показало, что они достаточно надежны.

---



### III. НАРАЩИВАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК ПЕРЕКРЫТИИ ПО СПОСОБУ ИНЖ. В. А. ЛОВЦКОГО

#### 1. Описание конструкции и способы установки

Большого внимания заслуживает способ восстановления балок, предложенный инж. В. А. Ловцким (Киев). Эта конструкция основана на использовании преобразования изгибающего момента от внешней нагрузки на балку в месте расположения стыковых накладок в силы, сжимающие древесину балок поперей

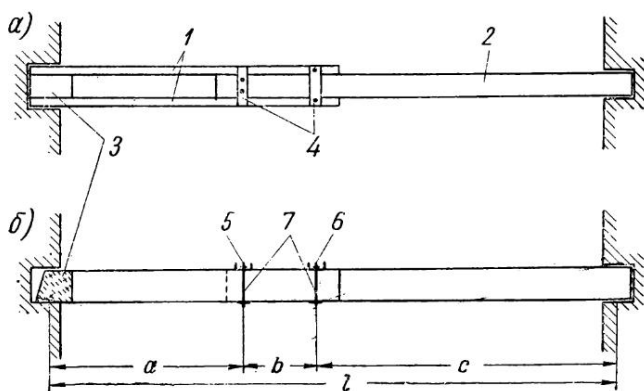


Рис. 36. Нарращивание балок по способу инж.

В. А. Ловцкого:

а — план; б — боковой вид; 1 — боковые схватки;  
2 — балка; 3 — прокладка; 4 — поперечные накладки;  
5 — узел С; 6 — узел Д; 7 — болтовые тяжи с шайбами.

волокон (как и в конструкции «протезов»). Разница заключается в том, что вместо «протезов» для наращивания здорового конца балки применяются парные боковые брусчатые элементы — схватки той же высоты, что и сама балка, скрепленные с последней двумя горизонтальными накладками и вертикально расположенными болтами (рис. 36). При этом горизонтальные металлические или деревянные накладки работают в конструкции на изгиб

и смятие древесины поперек волокон, а болты — на растяжение и отрыв головки.

При обработке стыка наращиваемой балки с примыкающими парными боковыми схватками (рис. 37) по концам балки и схваток делают небольшие подрезки, обеспечивающие конструкции строительный подъем, и просверливают вертикальные дыры для болтов. Поперек балки укладывают на постели подрезок металлические (из швеллеров) или деревянные поперечины с просверленными в них по разметке отверстиями, после чего ставят болты с гайками и шайбами.

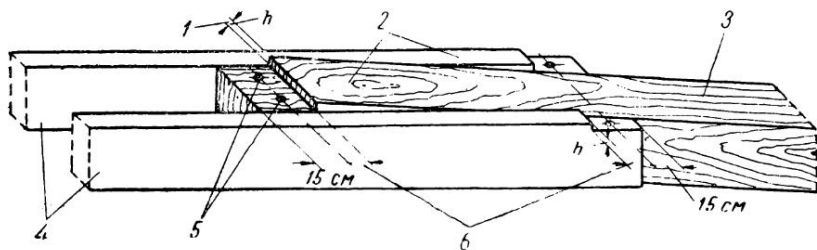


Рис. 37. Деталь стыка составной балки:

1 — высота подрезки балки и схваток в стыке для получения строительного подъема; 2 — выступающая часть (может быть срублена); 3 — средний брус; 4 — схватки; 5 — вертикальные отверстия для болтов; 6 — половина ширины поперечины плюс 1 или 2 см.

При назначении строительного подъема величину его принимают равной сумме расчетного упругого прогиба балки и прогиба от обмятия стыкового сопряжения (поперечин, шайб, болтов и пр.); а также усушки древесины. Придание строительного подъема обязательно как при замене в поврежденных балках сгнивших участков, так и при устройстве новых составных балок. В обоих случаях строительный подъем составным балкам может быть придан при их монтаже, до загрузки расчетной нагрузкой, или после монтажа и загрузки балок подтягиванием гаек сопряжений. Отдельным балкам в случае выборочного ремонта их, когда необходимо считаться с отметками смежных частей сохранившегося перекрытия, рекомендуется придавать строительный подъем после установки их и загрузки. В случае укладки составных балок по всей площади помещений строительный подъем, принятый для всех балок, следует придать при монтаже до их загрузки. Прогибы балок, происшедшие вследствие усушки древесины, можно легко ликвидировать повторной подтяжкой болтов.

При замене дефектных участков восстанавливаемых балок деревянных перекрытий возможны три случая ремонта, приве-

денные на рис. 38. Первый случай — замена одного опорного конца балки, которая, естественно, целесообразна лишь при достаточной длине балки (не менее 5 м) и при длине сменяемого участка не более  $\frac{1}{3}$  пролета. В противном случае правильнее заменить всю балку.

Конец балки наращивается в определенной последовательности. На расстоянии 30—40 см от крайней поперечины сопряжения под восстанавливаемые балки подводят временные опоры (прогон и стойки); при здоровых смежных балках восстанавливаемые балки подвешивают к ним при помощи поперечины и проволоочной закрутки или скоб. После этого на восстанавливаемом участке перекрытия разбирают засыпку, смазку, накат, подшивку и срезают поврежденный участок балки. Затем подрезают конец балки под поперечную накладку, просверливают в том же месте вертикальные отверстия в балке и вставляют в них болты с шайбами под головки. При этом предварительно заготавливают на стороне парные брусчатые схватки необходимой длины (по месту), расставляя их по шаблону на ширину наращиваемой балки.

На одном конце схваток просверливают вертикальные отверстия и прибалчивают сверху поперечную накладку с установкой шайб для обеспечения древесины схваток от вмятия. В другом опорном конце схваток укрепляют гвоздями прокладку, сохраняющую заданное расстояние между схватками. Этот предварительно заготовленный элемент конструкции укладывают в гнездо стены и на конец балки. На выступающие концы ранее установленных болтов в балке укладывают вторую поперечную накладку, навинчивают гайки и подтягивают болты обоих узлов.

Накат в восстанавливаемой части перекрытия настилают по брускам, прибитым к схваткам, а подшивку на участке стыка и до гнезда стены прибивают только к нижней кромке схваток. Окончив наращивание балок, убирают временные опоры и после укладки разобранных элементов перекрытия окончательно подтягивают болты.

Описанный прием восстановления поврежденных балок применяется как при замене обоих концов, так и среднего участка.

При наличии здоровой подшивки наращивание балок по способу инж. Ловцкого возможно без ее разборки. Подшивку прибивают к схваткам снизу после восстановления балок перекрытия. Штукатурку перекрытия после ее обследования, если она достаточно прочна, ремонтируют лишь частично.

Способ инж. В. А. Ловцкого можно также с успехом применить для изготовления новых составных балок при отсутствии брусков требуемой длины и поперечного сечения. Такие балки предусматриваются двух типов: с односторонним наращиванием (рис. 39) и с симметричным расположением схваток по середине пролета, когда нельзя получить необходимую длину балки из имеющегося леса, применяя первый тип наращивания.

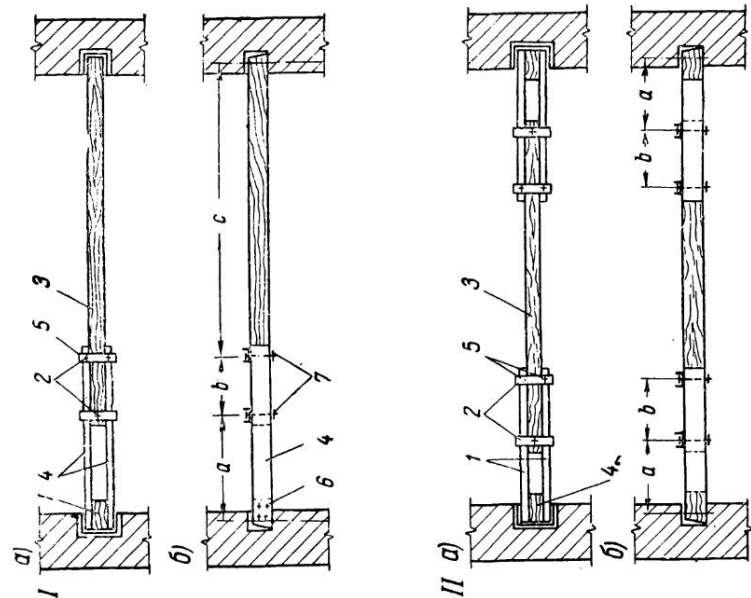
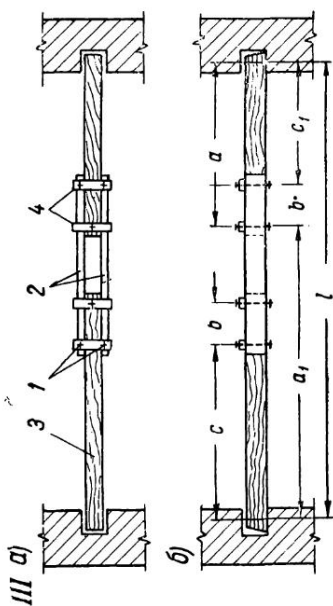


Рис. 38. Три случая замены сгнивших концов балок по способу инж. Ловцкого:

I — замена одного сгнившего конца балки: *a* — план; *б* — боковой вид; 1 — прокладка на гвоздях; 2 — болты и шайбы; 3 — средний брус; 4 — боковые свхатки наращивания; 5 — поперечины; 6 — гвозди; 7 — голвки болтов и шайбы.

II — замена обоих сгнивших концов балки: *a* — план; *б* — боковой вид; 1 — боковые свхатки; 2 — поперечины; 3 — средний брус; 4 — прокладка на гвоздях; 5 — болты (тяжи) с шайбами.

III — замена разрушенного в пролете участка балки: *a* — план; *б* — боковой вид; 1 — болты (тяжи) с шайбами; 2 — боковые свхатки наращивания; 3 — средний брус; 4 — поперечины.



Поперечное сечение наращиваемого бруса необходимо проверить, исходя из условия прочности и прогиба для балок цельного сечения. Если при этом оно окажется недостаточным для восприятия существующей нагрузки, то прочность и жесткость балки можно повысить одним из двух приемов.

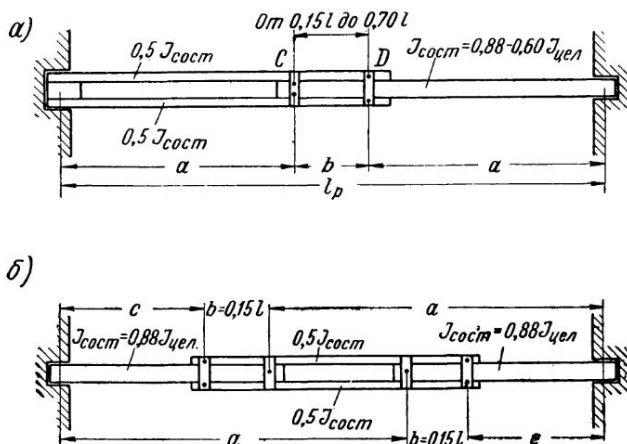


Рис. 39. Составные балки инж. Ловцкого:  
а — вид сбоку; б — план.

Первый прием — усиление бруса (при одностороннем наращивании), достигаемое симметричным расположением стыка по середине пролета и увеличением расчетной длины стыка  $b$  (рис. 39). Для определения потребного момента инерции среднего составного бруса в табл. 6 приведены понижающие коэффициенты  $\alpha$  к моменту инерции цельного сечения в зависимости от отношения расчетной длины стыка к пролету балки.

Таблица 6

$\frac{b}{l}$	$\alpha$	$\frac{b}{l}$	$\alpha$	$\frac{b}{l}$	$\alpha$
0,15	0,88	0,35	0,75	0,55	0,66
0,20	0,85	0,40	0,72	0,60	0,64
0,25	0,81	0,45	0,70	0,65	0,62
0,30	0,78	0,50	0,68	0,70	0,60

При промежуточных значениях отношений  $\frac{b}{r, l}$  коэффициенты определяются интерполяцией.

Другой способ усиления балок заключается в установке схваток по середине пролета балки с симметричным расположением

по длине пролета концов цельного сечения (см. рис. 38) и с увеличением толщины схваток.

Если оба эти мероприятия не обеспечат необходимой прочности и жесткости наращиваемой балки, то ее надо заменить новой.

При восстановлении балок следует обращать внимание на тщательную очистку их от поверхностного поражения и обработку древесины антисептиком. Особое значение имеют состояние древесины и ее плотность под накладками и шайбами сопряжений.

Перед тем, как приступить к работе по наращиванию поврежденных концевых балок, необходимо удостовериться в отсутствии спасной для древесины грибковой инфекции. Очаги этой инфекции, сохранившиеся в конструкции, могут привести к бесполезным затратам при ремонте перекрытий.

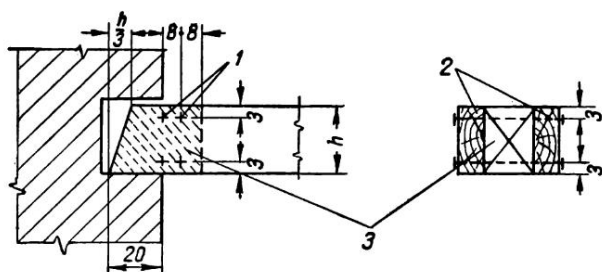


Рис. 40. Конструкция опорного узла:

1 — четыре пары гвоздей ( $d = 5$ ;  $l = 175$  мм); 2 — схватки; 3 — прокладка.

Из данных табл. 6 видно, что длина стыка в случае одностороннего наращивания балок может меняться от величины  $0,15 l$  до  $0,70 l$ , т. е. перекрывать значительную часть пролета. При этом условии жесткость составной балки соответственно повышается (от 12 до 40%). Отсюда следует, что при изготовлении новых составных балок способом одностороннего наращивания (рис. 39) сечения среднего бруса и схваток могут быть взяты с моментом инерции, меньшим на 12—40% (в зависимости от длины стыка).

При наращивании балок с расположением схваток по середине пролета (рис. 38) расчетная длина каждого стыка принимается постоянной и равной  $0,15 l$ . Момент инерции сечения среднего бруса и обеих схваток при этом может быть принят на 12% меньше требуемого для балки цельного сечения.

Конструкция опорного узла показана на рис. 40.

Для крепления составных балок в сопряжениях рекомендуется применять болты заводского изготовления (ОСТ 114—145) с квадратными головками или по ОСТ 146—147 с шестигранными

ми головками и лишь при их отсутствии изготовлять болты на месте. В последнем случае вместо головки в нижней части болта делается вторая нарезка, а навинчиваемая гайка приваривается к оставленному выступу стержня. Кроме гаек, болты обязательно должны иметь контргайки.

Размещение болтов в элементах сопряжения составных балок показано на рис. 41. В концах самих балок пролетом до 7 м предусмотрена установка одного болта, а для балок пролетом свыше 7 м — двух болтов.

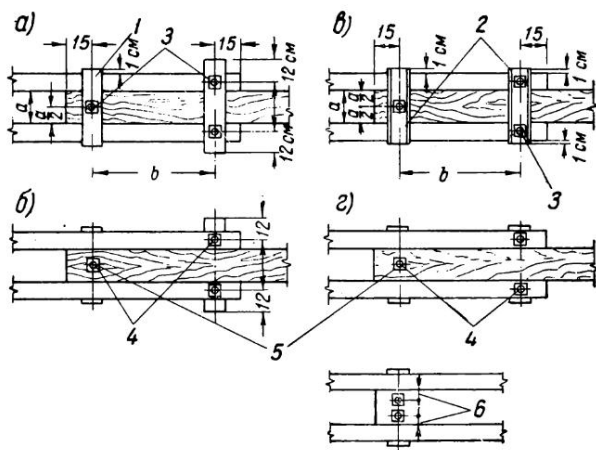


Рис. 41. Размещение болтов в стыке:

*а* — вид сверху; *б* — вид снизу; *в* — вид сверху; *г* — вид снизу; 1 — дубовые или сосновые поперечины; 2 — поперечины из швеллеров; 3 — гайки, контргайки и шайбы; 4 — головки болтов и шайбы; 5 — болты; 6 — расстояния не менее 5 см.

Поперечные накладки в сопряжениях могут быть деревянные и металлические (из швеллеров). Первые можно применять лишь в чердачных перекрытиях, конструкция которых не ограничивает толщину выступающих элементов сопряжений. В междуэтажных перекрытиях с обычной толщиной лаг в 6—7 см необходимо применять поперечные накладки из швеллеров, так как при требуемой толщине деревянных накладок в 6—8 см, с учетом выступающей части болта с гайкой и контргайкой, конструкции на деревянных накладках не могут уместиться в пределах перекрытия. Деревянные поперечные накладки необходимо делать из отборной воздушно-сухой древесины — дуба или сосны — и антисептировать, причем сердцевинную часть древесины применять не разрешается.

Размеры накладок в поперечном сечении определяют расчетом.

Детали конструкций деревянных накладок для чердачных перекрытий и металлических для междуэтажных перекрытий из уложенных плашмя швеллеров показаны на рис. 42 и 43. При восстановлении балок совершенно обязательны подрезки верхних поверхностей балок под поперечные накладки, так как восста-

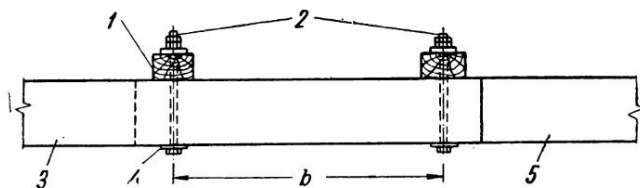


Рис. 42. Деталь конструкции деревянных накладок:  
1 — деревянная поперечная накладка; 2 — болты с гайками и контргайками; 3 — схватки; 4 — шайба; 5 — наращиваемая балка.

навливаемым балкам может быть придан этим строительный подъем. Место расположения подрезок и их глубина определяются в зависимости от того, где находится стык составной балки по пролету. При этом различаются четыре случая.

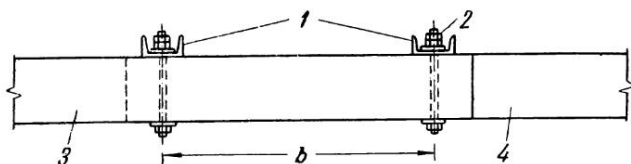


Рис. 43. Деталь конструкции металлических накладок:  
1 — швеллер; 2 — болты с гайками, шайбами и контргайками; 3 — схватки; 4 — наращиваемая балка.

Первый случай — симметричное расположение стыка относительно опор при одностороннем наращивании балки (см. рис. 39-а). В этом случае подрезки устраивают по концам схваток и среднего бруса. Глубина подрезок делается одинаковой, а величина их определяется по формуле:

$$h = \frac{2b}{l} \cdot y,$$

где все величины даны в сантиметрах, причем  $h$  — глубина подрезки;  $b$  — расстояние между осями накладок;  $l$  — пролет



балки и  $y$  — величина упругого прогиба в месте расположения стыка (в данном случае по середине пролета).

Второй случай — тот же стык расположен слева от середины пролета балки (см. рис. 38-*I*). Подрезку делают лишь в конце среднего бруса.

Глубина ее определяется по формуле:

$$h = \frac{bl}{(a+b)c} \cdot y_d,$$

где  $y$  — упругий прогиб в точке  $D$ , а значение величины  $a$  и  $c$  ясно из рис. 39-*a*. При отношении  $\frac{b}{l} \geq 0,15$  к указанным величинам упругих прогибов вводится понижающий коэффициент из табл. 6 (см. стр. 64).

Третий случай — при двустороннем расположении схваток по концам пролета (см. рис. 39-*II*). Подрезки для придания балке строительного подзема делают в обоих концах среднего бруса. Глубину подрезок определяют так же, как и во втором случае.

Четвертый случай — симметричное расположение схваток по середине пролета. Подрезки делают в концах накладок. Глубина подрезки определяется по формуле:

$$h = \frac{bl}{(b+c)a} \cdot y_c,$$

где  $y_c$  — величина упругого прогиба в точке  $C$  (см. рис. 38-*III*).

Если при наращивании балок сухого леса для изготовления схваток нет, то, учитывая появление дополнительного прогиба от усушки древесины, глубину подрезки увеличивают на 0,02—0,03 высоты бруса.

Прогиб от обмятия древесины балки в сопряжениях устраняется дополнительным увеличением глубины подрезок на 1—2 мм. Ширина подрезок делается на 10—20 мм больше ширины поперечной накладки.

Конструкции составных балок системы инж. В. А. Ловцкого вследствие сравнительной простоты изготовления непосредственно на строительной площадке и незначительной затраты металла нашли широкое применение в ремонтно-строительной практике Киевского жилищного управления.

Применяемые с 1950 года, эти конструкции оправдали себя как в отношении прочности, так и жесткости. Обследование в 1952 г. нескольких отремонтированных перекрытий городского жилого фонда с двухлетней давностью установки составных балок инж. Ловцкого дало вполне удовлетворительные результаты. Поэтому в районах, где заготовки необходимых запасов воздушно-сухого леса не представляют затруднений, можно рекомендовать применение этого метода.

## 2. Расчеты конструкции

Ниже приводится на численном примере, взятом из практики, статический расчет поврежденной балки по способу инж. В. А. Ловцкого. Сечение балок при пролете в свету — 7,5 м, среднее расстояние в осях — 1 м; изготовлены они из брусьев размером 33 × 21 см.

### Расчет среднего бруса и накладок

Нарращиванию подлежит балка междуэтажного перекрытия жилого здания, имеющая разрушенный грибом концевой участок. На рис. 44 приведена расчетная схема наращенной балки.

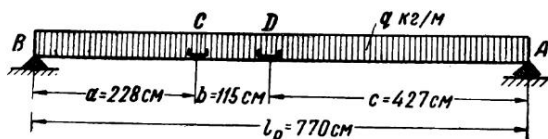


Рис. 44. Схема расчетной нагрузки на составную балку.

Данные расчета:

Длина гриболого участка балки до стены — 200 см.

Расчетная длина наращивания —  $a = 200 + 13 + 15 = 228$  см.

Расчетный пролет —  $l_p = 750 + 20 = 770$  см.

Момент сопротивления —  $W_x = 3820$  см<sup>3</sup>.

Момент инерции —  $I_x = 63\,000$  см<sup>4</sup>.

### Постоянная нагрузка

Паркет — 2 см,  $700 \times 0,02 = 14$  кг/м<sup>2</sup>

Настил — 4 см,  $500 \times 1,00 \times 0,04 = 20$  кг/м<sup>2</sup>

Смазка глино-песчаная,  $1600 (1,0 - 0,18) \times 0,02 = 26$  кг/м<sup>2</sup>

Песок — 5 см,  $1600 (1,0 - 0,18) \times 0,05 = 66$  кг/м<sup>2</sup>

Накат средней толщины — 5 см,  $500 (1,0 - 0,18) \times 0,05 = 21$  кг/м<sup>2</sup>

Подшивка — 25 мм,  $500 \times 1,0 \times 0,025 = 13$  кг/м<sup>2</sup>

Штукатурка — 2,0 см,  $1800 \times 1,0 \times 0,02 = 36$  кг/м<sup>2</sup>

Собственный вес балки  $500 \times 0,18 \times 0,26 \times 1,0 = 24$  кг/м<sup>2</sup>

Вес перегородок . . . . . = 50 кг/м<sup>2</sup>

**Итого постоянная нагрузка . . . . . 270 кг/м<sup>2</sup>**

Полезная нагрузка . . . . . 150 кг/м<sup>2</sup>

**Всего на 1 м<sup>2</sup> . . . . . 420 кг**

Следовательно, нагрузка на 1 пог. м балки:  $q = 420$  кг.

Проверка наращиваемой балки на прочность:

$$M_{\max} = 0,125ql^2 = 0,125 \times 420 \times 770^2 = 3110 \text{ кг/см}^2:$$

$$\frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{311\,000}{3820} = 81,5 \text{ кг/см}^2 < (\tau_u) = 100 \text{ кг/см}^2.$$

Проверка на прогиб:  
фактический прогиб:

$$y = - \frac{5ql^4}{384 \cdot EJ} = \frac{5 \times 4,2 \times 770^4}{384 \times 100000 \times 63000} =$$

$$= 3,04 \text{ см} = \frac{1}{253} \text{ пролета,}$$

что отвечает нормативному.

Сечение схваток принято равным  $33 \times 9 \text{ см}$ , учитывая их расположение влево от середины балки с наибольшим  $M_x$ .

### Расчет связей узлов $C$ и $D$

Узловые связи  $C$  и  $D$  (см. рис. 44) рассчитываются на нормальные усилия, определяемые по формулам:

$$C = \frac{M_D}{b} + \frac{qb}{8};$$

$$D = \frac{M_C}{b} + \frac{3 \cdot qb}{8},$$

где:  $M_D = 0,5q(a + b)c$ ;

$M_C = 0,5q(l - a)a$  — изгибающие моменты в сечениях  $C$  и  $D$  цельной балки от данной равномерной нагрузки.

Подставляя известные значения в указанные формулы, получаем:

$$M_D = 0,5 \times 420(2,28 + 1,15) \times 4,27 = 3070 \text{ кг/м};$$

$$M_C = 0,5 \times 420(7,70 - 2,28) \times 2,28 = 2590 \text{ кг/м};$$

$$C = \frac{3070}{1,15} + \frac{420 \times 1,15}{8} = 2720 \text{ кг};$$

$$D = \frac{2590}{1,15} = \frac{3 \times 420 \times 1,15}{8} = 2431 \text{ кг}.$$

Произведем теперь расчет связей узла  $C$ .

Болты и шайбы. В приложении 6 приведены необходимые сечения болтов и размеры шайб, определенные по величине усилия, приходящегося на один болт.

При наличии в узле  $C$  двух болтов (рис. 45) усилие, приходящееся на один болт, определяется с учетом возможной неравномерности в их натяжении путем введения к полному усилию в узле коэффициента  $k$ :

$$k = \frac{1}{2 \times 0,85} = 0,6.$$

Следовательно, при установке одного болта при  $C = 2720$  кг последний должен быть принят согласно таблице\* диаметром 22 мм и шайбы размером  $100 \times 100 \times 8$  мм, а при установке двух болтов:  $C = 2720 \times 0,6 = 1630$  кг; диаметр каждого болта равен 16 мм и шайбы —  $70 \times 70 \times 5$  мм.

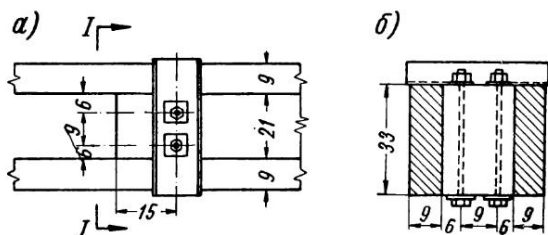


Рис. 45. Деталь узла С:  
а — план узла; б — разрез по I—I.

Сечения болтов и размеры шайб в таблице определены при допуске напряжении на растяжение стали  $1200 \text{ кг/см}^2$  и смятие древесины под шайбами —  $35 \text{ кг/см}^2$ .

По п е р е ч и н а. Расчетный пролет поперечины равен ее пролету в свету, увеличенному на 20%. Следовательно:

$$l_p = 21 \times 1,20 = 25 \text{ см (рис. 46)}.$$

При одном болте расчетный изгибающий момент будет равен:

$$M_{\text{макс}} = \frac{27,0 \times 25}{4} = 17000 \text{ кг/см}.$$

Сечение деревянной поперечины из соснового бруска:

$$W_{\text{нетто}} = \frac{M_{\text{макс}}}{[\sigma_u]} = \frac{17000}{10,1} = 170 \text{ см}^3,$$

что соответствует сечению  $9 \times 13$  см.

Учитывая ослабление болтом, требуется брусок  $9 \times 15$  см\*\*.

Металлическая поперечина из швеллера (ослабление не учитывается):

$$W_{\text{нетто}} = \frac{17000}{1400} = 12,10 \text{ см}^3,$$

что соответствует швеллеру № 14-а.

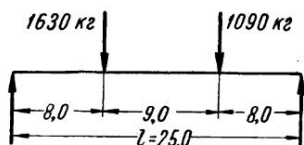


Рис. 46. Схема нагрузки на накладку.

\* См. приложение 6.

\*\* Деревянную поперечину такого размера, как и следовало ожидать, нельзя уместить в толще перекрытия.

На рис. 46 приведена расчетная схема поперечины при установке двух болтов. Учитывая неравномерность натяжения, давление от болтов будет:

$$2720 \times 0,6 = 1630 \text{ кг} \text{ и } 2720 - 1630 = 1090 \text{ кг.}$$

Расчетный изгибающий момент:

$$M_{\text{макс}} = \frac{1630 + 17,0 + 1090 \times 8,0}{25} \times 8,0 = 11\,650 \text{ кг/см.}$$

Поперечина из швеллера:

$$W_{\text{брутто}} = \frac{11\,650}{1400} = 8,30 \text{ см}^3,$$

что соответствует швеллеру № 12.

Расчет связей узла *D*:

Болты и шайбы. В узле *D* устанавливаются всегда два болта (рис. 47). Усилие, приходящееся на один болт:

$$D = 2481 \times 0,6 = 1450 \text{ кг.}$$

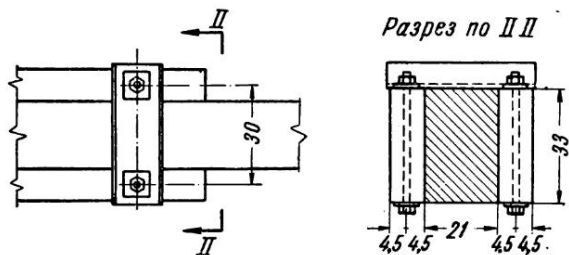


Рис. 47. Деталь узла *D*.

По таблице (см. приложение 6) подбирают болты  $d = 16 \text{ мм}$  и шайбы размером  $70 \times 70 \times 5 \text{ мм}$ .

Поперечина. Давление на поперечину от среднего бруса принимается равномерным. Расчетный пролет поперечины равен расстоянию между осями болтов (рис. 48).

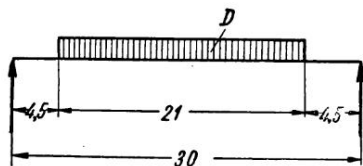


Рис. 48. Схема нагрузки на накладку.

Расчетный изгибающий момент:

$$M_{\text{макс}} = 0,125D(2l - n) = 0,125 \times 2431 \times (2 \times 30 - 21) = 11\,800 \text{ кг/см.}$$

Потребный момент сопротивления поперечины из швеллера:

$$W_{\text{брутто}} = \frac{11\,800}{1400} = 8,45 \text{ см}^3,$$

что соответствует швеллеру № 12.

## Строительный подъем

Стык балки расположен влево от середины пролета. Подрезы устраиваются по концам накладок и среднего бруса. Глубина их определяется согласно указаниям на стр. 67. Упругий прогиб составной балки в точке  $D$  при  $\frac{b}{l} = 0,15$  и равен:

$$\frac{M_{\text{фик}}}{EJ} \alpha \approx 2,8 \times 0,88 = 2,46 \text{ см.}$$

Глубина подрезки:

$$h = \frac{bl}{(a+b)c} y_D = \frac{115 \times 770}{(228 + 115) \times 427} \times 2,46 = 1,48 \text{ см.}$$

Учитывая обмятия под шайбами и поперечинами, а также усушку для полусухой древесины (если она уложена), глубина подрезок должна быть принята:

$$h = 1,48 + 0,02 \times 30,0 + 0,2 = 2,28 \text{ см.}$$

Так как наращиваемая балка расположена в промежутках между существующими, то строительный подъем придается после восстановления подборов, смазки и засыпки путем окончательной подтяжки гаек до придания ей отметки смежных балок.

При устройстве строительного подъема после восстановления перекрытия в балках с длиной стыка, меньшей 0,15 пролета, глубина подрезки может быть принята, исходя из величины допускаемого прогиба. Так, для симметричных балок глубина подрезок принимается равной половине допускаемого прогиба.

При расположении стыка слева или справа от середины пролета глубина подрезки принимается равной допускаемому прогибу.

Для рассмотренного примера:

$$h = 0,5 \frac{770}{250} = 1,53 \text{ см.}$$

Для балки чердачного перекрытия такого же пролета и при стыке слева от середины пролета глубина подрезки в конце среднего бруса будет равна:

$$h = \frac{770}{200} = 3,84 \text{ см.}$$

Для определения расхода материалов на восстановление поврежденных балок междуэтажных перекрытий описанным выше способом ниже (табл. 7) приводится расчет количества металла и дерева из приведенного выше конкретного примера (см. стр. 69).

## Расход металла на один стык

Наименование	Количество	Размеры	Едини- чный вес в кг	Общий вес в кг
Швеллер № 14-а . . . . .	1	0.41	14.53	5.96
Швеллер № 12 . . . . .	1	0.41	12.06	4.94
Болтовая сталь $\varnothing$ 16 мм . . . . .	4	0.40	1.58	2.53
Гайки $\varnothing$ 16 мм и контргайки . . . . .	8	—	0.052	0.42
Болтовые головки . . . . .	4	—	0.07	0.28
Шайбы листовой стали . . . . .	8	70×70×5	0.18	1.44
Всего . . . . .	—	—	—	15.57
На обрезки и угар 4% . . . . .	—	—	—	0.62
Итого (округло) . . . . .	—	—	—	16.0

При установке схваток по середине пролета (симметрично к концам реставрируемой балки) добавляется еще один стык, а следовательно, удваивается и расход металла. Кроме металла, на изготовление конструкции дополнительно расходуется деловая древесина (брусья) в количестве:

схватки в пределах сопряжения —  $0,33 \times 0,09 \times (1,15 + 0,15 \times 2) \times 2 +$  вкладыш на опоре (у заделки) —  $0,33 \times 0,21 \times 0,45 = 0,12 \text{ м}^3$  на каждую балку, не считая неизбежных обрзков.

При симметричном расположении схваток по середине пролета указанный расход древесины соответственно повышается. Приведенный выше расчет произведен для доказательства необходимости осторожного подхода к выбору того или иного приема крепления и наращивания балок перекрытий. Только учет всех местных обстоятельств и хозяйственных возможностей строительной организации позволит правильно решить поставленную задачу.

Помимо преимуществ, общих для всех рациональных приемов восстановления поврежденных балок деревянных перекрытий, не требующих разборки последних, конструктивный прием, предложенный инж. В. А. Ловцим, обладает еще следующими положительными сторонами: а) простота изготовления; б) возможность легко вывесить провисшее перекрытие подтяжкой болтов конструкции; в) возможность усиления наращиваемого бруса перепуском схваток через середину пролета и увеличением расчетной длины стыка (в случае одностороннего расположения схваток) или утолщением схваток (при симметричном их расположении по пролету). Кроме того, следует отметить, что на изготовление конструкции при одиночных стыках идет сравнительно небольшое количество металла.

К недостаткам конструкции следует отнести большой дополнительный расход древесины, составляющий (в деле) от 20 до 45%<sup>1</sup> (в зависимости от положения стыков), а также значительный расход отходов металла в случае центрального по пролету расположения схваток.

К сказанному надо добавить, что весь процесс изготовления и установки креплений системы инж. Ловцкого перенесен непосредственно на ремонтируемый объект в отличие от «протезов», заготавливаемых в централизованном порядке, и требует наличия на объекте квалифицированных плотников.

Указанные недостатки тем не менее не лишают предложение инж. В. А. Ловцкого ценности и в условиях бездефицитности лесных материалов его можно широко применять при восстановлении деревянных перекрытий жилых домов<sup>2</sup>.



---

<sup>1</sup> Указанные проценты относятся к объему целой балки.

<sup>2</sup> В приложении 6 дана таблица для подбора сечений составных балок конструкции инж. Ловцкого при различных пролетах, нагрузках и положениях стыков по длине балок.



#### IV. ДРУГИЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БАЛОК ПЕРЕКРЫТИЙ

Среди других способов крепления и восстановления балок, применяемых при капитальном ремонте деревянных перекрытий, особого внимания заслуживает способ так называемых «надбалок».

Прием этот заключается в следующем. Загнивший у заделки конец балки удаляют, гнездо очищают и заделывают до уровня верхней кромки балки.

Над заделанной частью гнезда расширяют отверстие, в которое укладывают конец «надбалки», располагаемый в одной вертикальной плоскости с осью восстанавливаемой балки. С последней «надбалка» скрепляется при помощи вертикально поставленных болтов (рис. 49).

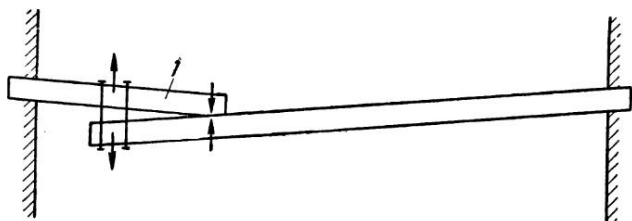


Рис. 49. Крепления балок при помощи «надбалок»: 1 — «надбалка».

Болты следует ставить возможно ближе к опоре, прихватывая здоровую часть балки. Конец «надбалки», противоположный опорному, закрепляют по конструктивным соображениям, так как в этом месте «надбалка» плотно прижимается к балке. По рис. 49 легко установить возникающую при этом деформацию, устраняемую подтяжкой болтов.

Сечение «надбалки» применяют равным сечению балки. Длина «надбалки» должна быть не менее учетверенной высоты балки плюс длина ее загнившего конца.

Применение описываемого приема в междуэтажном перекрытии возможно лишь при замене «надбалки» «подбалкой» (рис. 50). Это приводит к искусственному уменьшению высоты помещения, что нельзя признать рациональным.

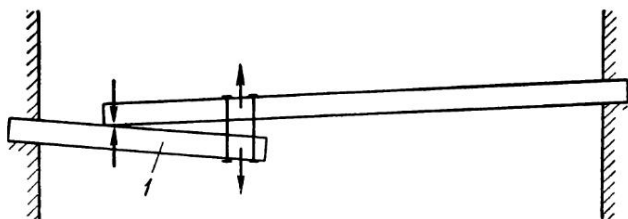


Рис. 50. Крепление балок при помощи «подбалок»:  
I — «подбалка».

Все элементы восстанавливаемой конструкции перекрытия следует тщательно проантисептировать.

При больших пролетах балок можно применять прием ремонта, с успехом использованный при восстановлении аварийных перекрытий над одним из зданий Ленинграда.

Перекрытие этого здания пролетом свыше 8 м в результате длительного отсутствия ремонта в годы Великой Отечественной войны дало значительный провес, причем в связи со значительной длиной балок встретились затруднения в их замене.

Среди причин, вызвавших провес перекрытия, одной из основных была перегрузка от подпорок, поставленных на него под прогнувшиеся стропила кровли.

Перекрытие было восстановлено следующим образом. Над здоровыми балками были установлены через каждые 3—4 м деревянные шпренгельные конструкции, затяжкой которых служили сами (тщательно обследованные) балки. По балкам уложили поперечный прогон с прикреплением к последнему балок.

Балки-затяжки подвешивались при помощи подвесок из круглой стали диаметром 20 мм, пропущенных сквозь нижний прогон к постропильному прогону, уложенному по верхним узлам шпренгелей параллельно нижнему (рис. 51).

Для передачи усилий от подкосов затяжкам была предложена специальная конструкция башмаков-упоров на металлических шпонках, врезанных в затяжки у опорных концов (рис. 52).

Подтяжка подвесок у шпренгелей позволила устранить значительный прогиб перекрытия, вывесив его в среднем на 10—12 см. Одновременно перекрытие было разгружено от веса стропил и кровли со снеговой нагрузкой путем передачи его на подстропильный прогон, опирающийся на шпренгельные конструкции. При этих условиях было легко заменить поврежденные балки большого пролета составными, подвешенными к нижнему поперечному прогону.

Несмотря на некоторую трудоемкость, описанный прием удачно разрешает задачу одновременного ремонта перекрытия и несущих элементов кровли.

Интересен прием восстановления и даже смены балок без разборки подшивки и нарушения штукатурки, примененный в Калининском районе Ленинграда. Этот прием может быть осуществлен при хорошем состоянии штукатурки и здоровой подшивке.

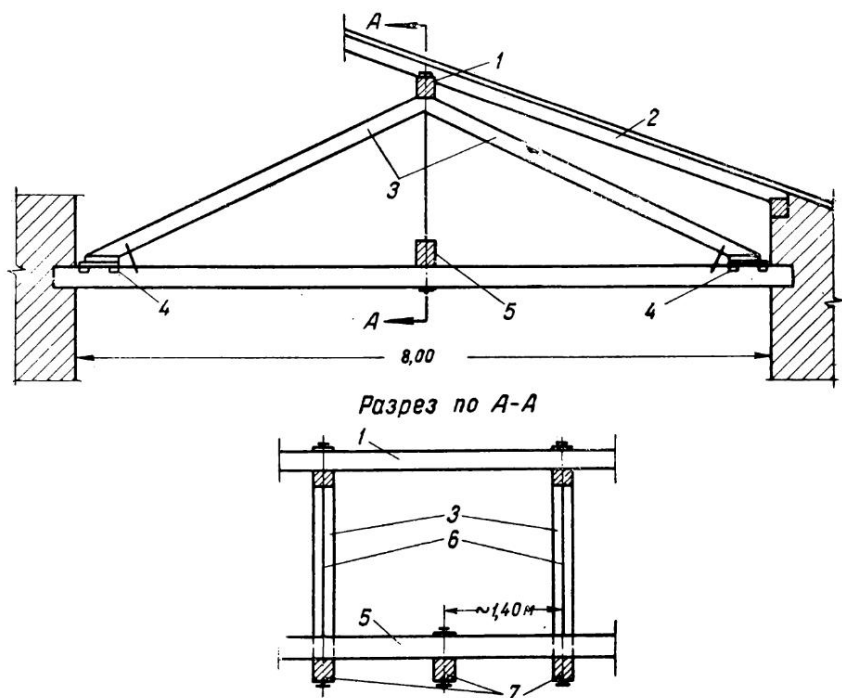


Рис. 51. Подвеска подчердачных балок при помощи шпренгелей: 1 — подстропильный прогон; 2 — стропильная нога; 3 — подкосы; 4 — башмак; 5 — распределительный прогон; 6 — подвески; 7 — балки перекрытия.

Прием сводится к тому, что перед работами по реставрации балок под «штукатурный свод», усиленный подшивкой, подводят стойки и прогоны примерно на расстоянии 1,3—1,6 м один от другого и осторожно подклинивают.

После окончания работ по восстановлению или смене балок подшивку прибивают (через штукатурку) к балкам и частично ремонтируют штукатурку.

При поражении концов ряда балок в пределах гнезд, часто обнаруживаемом при обследовании заделок в наружных стенах, может быть применен в некоторых случаях упрощенный прием ремонта перекрытия, заключающийся в укладке пристенного прогона на деревянных кронштейнах (рис. 53), опирающихся на

гнездах на кирпичную кладку и прикрепленных к последней болтами. Кронштейны при этом надо изготовлять из сухого дерева и покрывать смолой или другим устойчивым антисептиком.

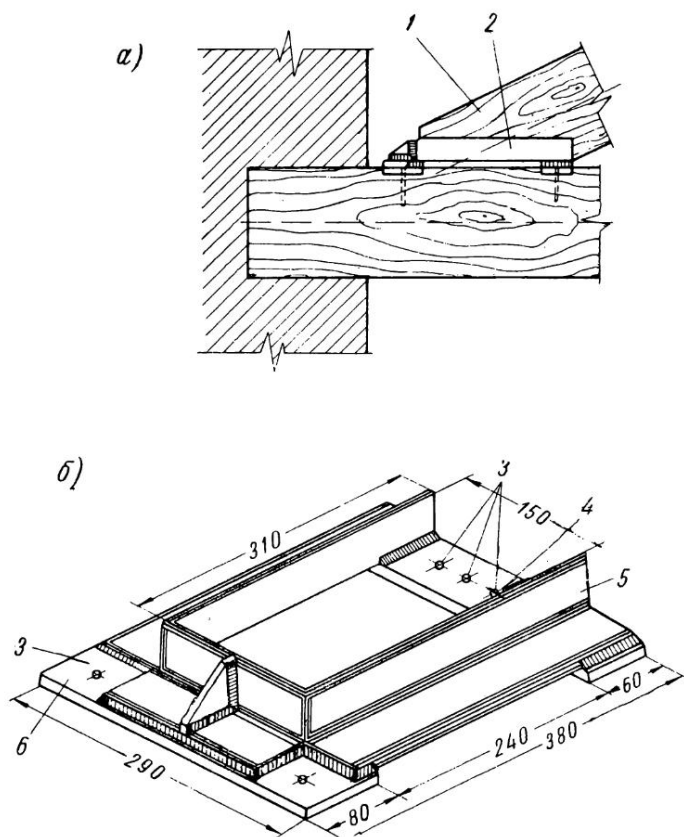


Рис. 52. Опорный башмак к подкосам шпренгелей:  
 а — общий вид; б — опорный узел: 1 — подкос; 2 — башмак;  
 3 — отверстия для гвоздей; 4 — полосовая сталь сечением  
 $60 \times 12$  мм; 5 — уголок размером  $60 \times 60 \times 10$  мм; 6 — по-  
 лосовая сталь сечением  $80 \times 12$  мм (сварка швом 6 мм).

Головки и шайбы болтов следует предохранять от промерзания. Для этого их рекомендуется утеплять в заделываемых гнездах креозотированным войлоком.

При использовании этого упрощенного приема ремонта укладываемый пристенный прогон необходимо проантисептировать, а между ним и стеной проложить толевую прокладку. В случае укладки такого прогона вдоль внутренних стен помещений,<sup>1</sup> сле-

дует тщательно обследовать расположение в стенах дымовых каналов, чтобы прервать прогон в соответствующих местах.

При капитальном ремонте деревянных перекрытий больших пролетов (свыше 6 м в свету), часто встречающихся в старых домах городского жилищного фонда, в случаях полной смены перекрытий, экономически эффективнее укладка прогонов в простенках с шагом от 2,5 до 4 м с поперечным расположением легких деревянных балок. Это было осуществлено при восстановлении одного из больших жилых домов Калининского района Ленинграда.

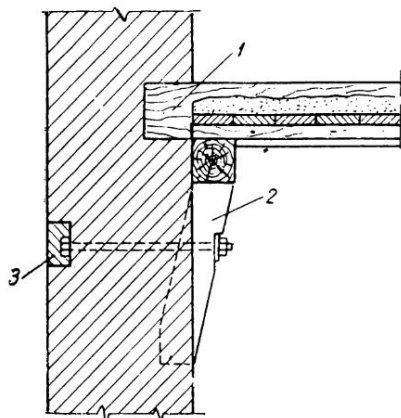


Рис. 53. Пристенный прогон на деревянных кронштейнах:  
1 — загнивший конец балки; 2 — кронштейны (через 2—2,5 м); 3 — утеплитель.

Планировка помещений дома с поперечными перегородками, расположенными на расстоянии 2,5—4 м одна от другой, позволила применить шпунгельную конструкцию с растянутыми металлическими элементами, скрытыми в толще перегородок (рис. 54 и 55).

По подсчетам экономический эффект от применения этого приема выразился по сравнению с обычной укладкой новых балок поперек помещения примерно в 23%.

В практике ремонтно-строительных работ по восстановлению деревянных перекрытий жилых зданий довольно часты случаи, когда поражение балок грибом или жучком настолько распространяется по длине и

вглубь, что ремонт их одним из описанных выше способов на части длины теряет смысл. В таком случае следует заменить поврежденные балки междуэтажного или чердачного перекрытия новыми по всему помещению или выборочно, когда среди совершенно здоровых балок, а также балок, подвергшихся частичному ремонту, оказываются поврежденные, требующие замены.

В первом случае приемы работ по устройству нового деревянного перекрытия с возможным частичным использованием старого материала мало отличаются от аналогичных строительных работ в новых зданиях, за исключением способов укладки балок в старые гнезда существующих стен. При этом наиболее целесообразна сквозная пробивка гнезд во внутренних капиталь-

<sup>1</sup> Опыт ремонта перекрытий жилых зданий показывает, что загнивание концов балок в гнездах внутренних капитальных стен встречается значительно реже, чем в наружных, и вызывается обычно случайными причинами: протечками в кровле и в санитарных узлах, а также при нерациональном устройстве дымовых и вентиляционных каналов.

ных стенах зданий, которая, упрощая укладку балок, позволяет одновременно связывать анкерными накладками примыкающие

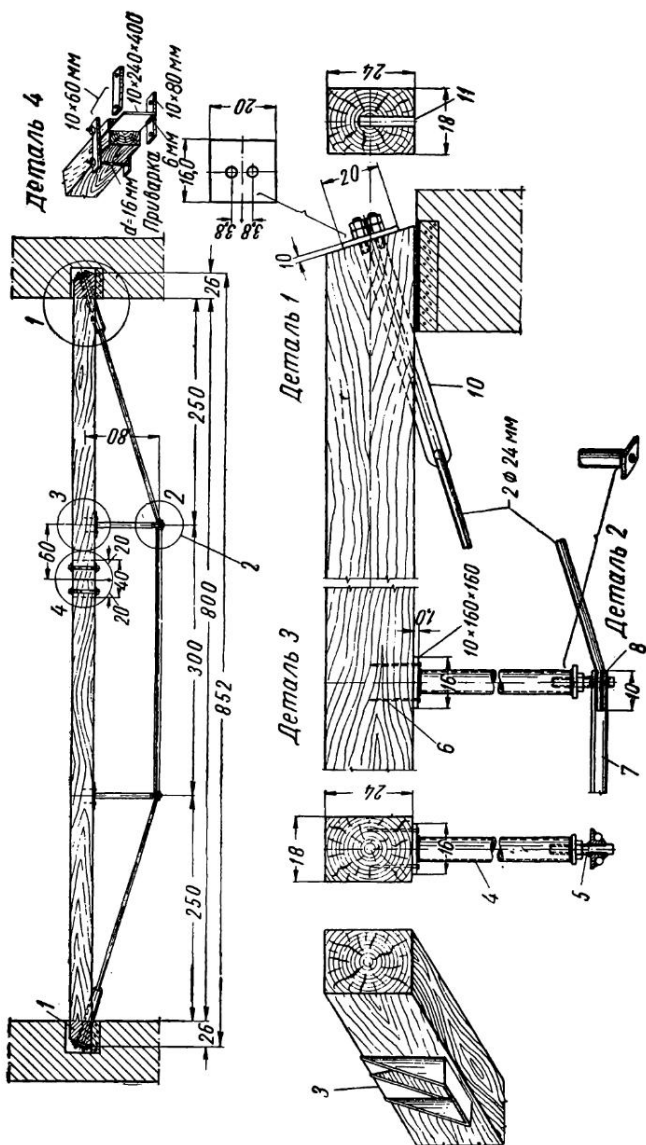


Рис. 54. Шпренгельные поперечные прогоны, скрытые в толще перегородки, с верхним деревянным поясом и металлической затяжкой:  
 1 — положение в толще перегородок (проантисептировать и обернуть толем); 2 — натяжное приспособление; 3 — металлическая подвеска для деревянных балок; 4 — газовая труба диаметром 2,5; 5 — натяжной болт диаметром 25 мм с гайкой для вывеса шпренгеля; 6 — четыре гвоздя диаметром 5 и длиной 125 мм; 7 — 2 L 40x40x6 мм (окрашивается масляной краской или асфальтовым лаком); 8 — фланговый шов  $L h = 6$  мм; 9 — упорная плита; 10 — «серьга» диаметром 24 мм с гайками; 11 — пропил для установки «серьга».

концы балок противоположащего перекрытия. Одновременно приходится довольно значительно расширять существующие гнезда во внутренних стенах. Поэтому укладывать балки и заделывать

гнезда надо последовательно, чтобы не нарушить прочности несущих стен. Укладку балок в восстанавливаемых зданиях лучше всего начинать с противоположных концов помещения, укладывая их в две очереди «через гнездо».

Перед укладкой новых балок в старых зданиях обязательна проверка устройства гнезд в наружных стенах, чтобы предотвратить проникновение сырости и промерзание, что возможно при наличии в гнездах конструктивных дефектов.

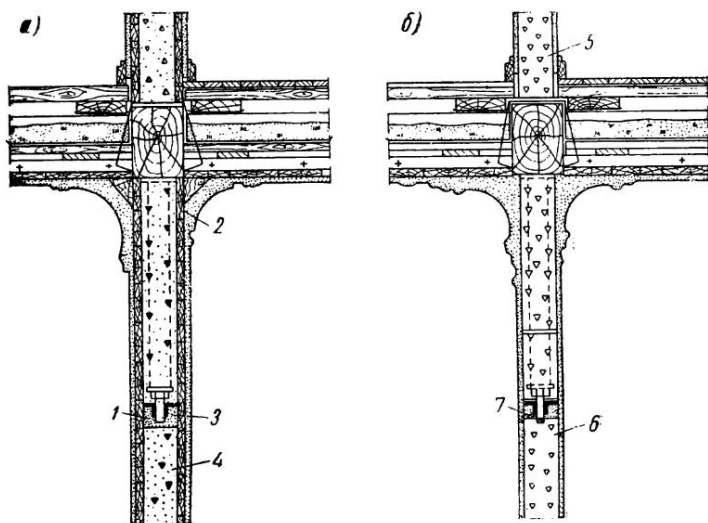


Рис. 55. Деталь заделки шпренгелей в перегородках:

*а* — первый вариант — дощатая перегородка; *б* — второй вариант — перегородки из искусственных плит; 1 — металлические элементы (окрашиваются масляной краской или асфальтовым лаком); 2 — полоса шириной 18 см для засыпки шлака; после заполнения верх перегородки полоса зашивается горизонтальной доской; 3 — цементный раствор; 4 — обшивка досками толщиной 2,5 см под углом 45° в разном направлении по стойкам толщиной 5 см через 80—90 см с засыпкой шлаком; оштукатурка по дражке с обеих сторон; 5 — один слой толя; 6 — легкие плиты для перегородок на растворе; затирка 1 см; 7 — нижний пояс; заделывается цементным раствором.

Гнезда стен перед укладкой балок надо проантисептировать, как и всю устремляемую в дело древесину.

В тех случаях, когда смена балок ведется выборочно, надо соблюдать определенную последовательность работ. Если в месте смены балок после вскрытия перекрытия обнаружена здоро-

вая подшивка<sup>1</sup>, ее целесообразно сохранить вместе с уцелевшей штукатуркой, что даст возможность избежать некоторых трудоемких работ. Для этого необходимо подпереть участок потолка между соседними здоровыми балками временными стойками и лежнями из досок. С этой же целью можно с успехом использовать выдвижные инвентарные леса, применяемые для штукатурки потолков.

После этого выпиливают и удаляют частями поврежденную балку, выполняя эту работу с настилов из досок, перебрасываемых через здоровые балки. Затем углубляют гнезда во внутренней несущей стене здания на двойную длину заделки, обрабатывая верхнюю поверхность гнезда скосом, чтобы удобнее было завести в него конец балки. Вслед за этим заводят сверху и укладывают на место балку с заранее прибитыми к ней черепными брусками.

Выполнив эту работу, к балке прибивают снизу через расчищенные в штукатурке отверстия подшивку и восстанавливают черный пол, смазку, а также и чистый пол. После этого простукивают и восстанавливают часть отставшей штукатурки на ремонтируемом участке потолка.

Как показал опыт, при таком ремонте перекрытий достигается значительная экономия затрат в результате ограничения объема оштукатуривания потолка пределами полосы между балками.

В случаях обнаружения повреждений гнилью подшивки ее при смене балок разбирают. Объем штукатурных работ при этом, естественно, значительно увеличивается. Чтобы избежать образования при прибивке новой подшивки к существующим балкам продольных (вдоль балки) трещин в штукатурке, прикрепляемую подшивку необходимо несколько перепускать (в разбежку), тщательно прибывая концы досок к балкам.

---

<sup>1</sup> Сохранение здоровой подшивки под штукатуркой при смене поврежденных балок наблюдается довольно часто и объясняется, по видимому, дезинфицирующим влиянием извести, входящей в состав штукатурки. В случае обнаружения в древесине перекрытия активного инфекционного гриба старую подшивку надо обязательно удалить.



## V. ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТОПИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Выше уже были описаны два приема протезирования наслонных стропил, примененных при ремонте покрытий жилых зданий. Остановимся еще на способе восстановления диагональных стропильных ног (так называемых «быков»), длина которых в домах старого жилого фонда, при отсутствии промежуточных опор, доходит до 10—12 м. Вследствие этого они даже при относительно здоровой древесине сильно прогибаются, деформируя крышу и способствуя образованию в ней протечек. Обычно применяемый способ восстановления таких конструкций путем передачи нагрузки от стропил на балки подчердачного перекрытия следует считать недопустимым. Поэтому при восстановлении сильно прогнувшихся диагональных стропильных ног недостаточного сечения и длиной около 11 м в одном из зданий нежилого фонда Октябрьского района Ленинграда с успехом был применен иной прием. Рассматривая диагональную стропилину как верхний сжатый-изогнутый пояс шпренгельной конструкции с растянутым ломаным поясом из круглой стали диаметром 20 мм и стойками из газовых труб, ее изготовили в мастерской и смонтировали на месте при помощи болтов и металлических шпонок, приваренных к затяжке и врезанных в стропильную ногу (рис. 56). Пользуясь простым натяжным приспособлением, стропилины легко вывертали, а нижний растянутый пояс шпренгелей (в местах расположения стоек) закрепили проволочными растяжками.

На рис. 57 и 58 показан прием восстановления аварийных деревянных висячих ферм пролетом около 20 м и с подвесным утепленным потолком над одним из общественных зданий Ленинграда.

При восстановлении стропильных ферм перед исполнителями ставились две задачи: 1) заменить подгнившие и вышедшие из строя опорные узлы надежной опорной конструкцией и 2) усилить остальные узлы ферм в связи с некоторым увеличением полезной нагрузки на подчердачное перекрытие. При этом всю работу по ремонту ферм надо было выполнить на месте, без их демонтажа и разборки подвесного перекрытия.

Перед началом ремонта под восстанавливаемые (по очереди) фермы устанавливали подвижные башенные леса и при помощи домкратов разгружали ремонтируемые фермы. Две башни ставили у опор фермы и одну — по середине пролета. В связи с ненадежностью опорных узлов верхний пояс в его здоровой части связывали временными дощатыми схватками с нижним (над башней).

Для решения первой задачи были заранее заготовлены металлические

опорные башмаки «протезы» (рис. 57), элементы которых скреплялись при помощи электросварки. Башмаки состояли из уголков  $60 \times 60 \times 6$  мм ( $l = 1760$ ), которые связывали косынками с парными обрезками 2 швеллеров № 14, расставленными на ширину нижней затяжки. Непосредственно над опорной подушкой в стене к швеллерам приваривали горизонтальные опорные листы с отверстиями для болтов, заанкеренных в стену.

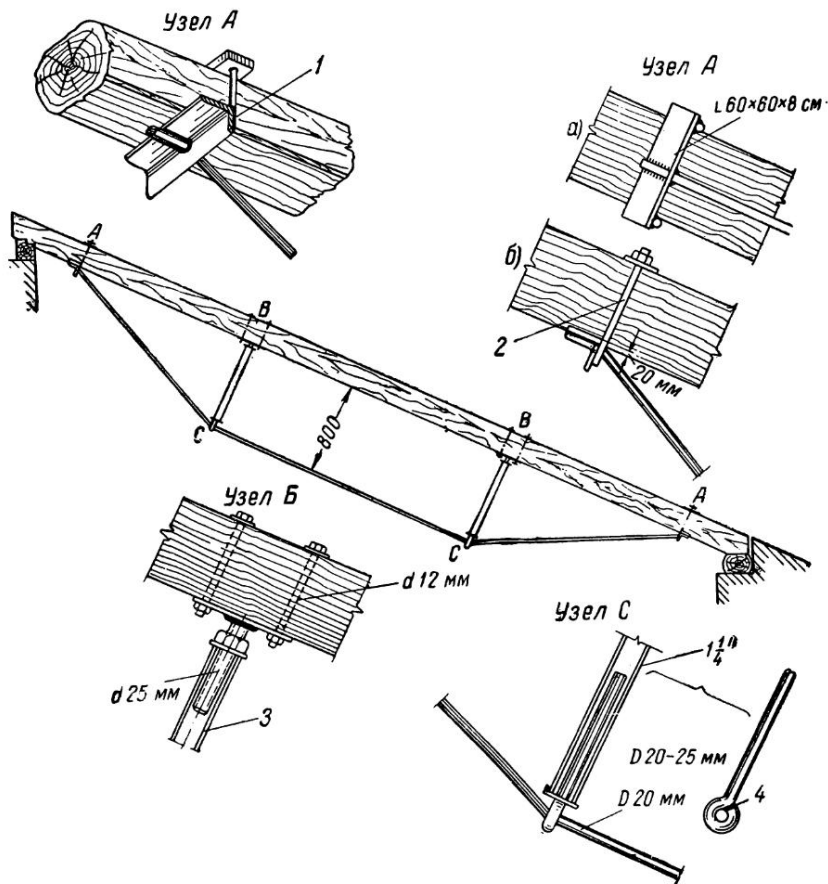


Рис. 56. Вывешивание и усиление прогнувшихся диагональных стропилин: а — вид снизу; б — вид сбоку; 1 — болты, приваренные к выступающим концам уголка; 2 — болты диаметром 16 мм; 3 — газовая труба с внутренним диаметром  $1\frac{1}{4}$ "; 4 — сварка.

С другого конца уголков к ним приваривали три пары поперечных шпенок 3 из полосовой стали (Ст. 3 по ГОСТу) сечением  $10 \times 60$  мм. По концам шпенок оставляли отверстия для болтов 4 диаметром 16 мм ( $l = 200$ ), связывающих противоположные шпонки за пределами брусев верхнего пояса, чтобы избежать лишнего сверления последних.

Последовательность работ по установке башмаков была следующая: после удаления поврежденных концов деревянных брусев и установки опорных

подушек заводили на место заготовленные и сваренные части башмаков, затем закрепляли опорные листы анкерными болтами, врезали в брусья верхнего пояса и соединяли болтами шпонки для восприятия сжимающего усилия верхних поясов и передачу его через уголки в опорные узлы.

После установки башмаков швеллеры связывали накладками и болтами со здоровыми концами нижних поясов. Для укрепления подшивки и карниза на участках у стен между швеллерами закладывали и укрепляли обрезки брусьев. К концам, образующим башмаки швеллеров, приваривали новые затяжки круглой стали диаметром 25 мм, с натяжным приспособлением (талрепом). Новые затяжки были поставлены с целью переключения растягивающих усилий перегруженных деревянных нижних поясов ферм, сохраняя за последними лишь назначение изгибаемых балок под нагрузкой подвесного перекрытия.

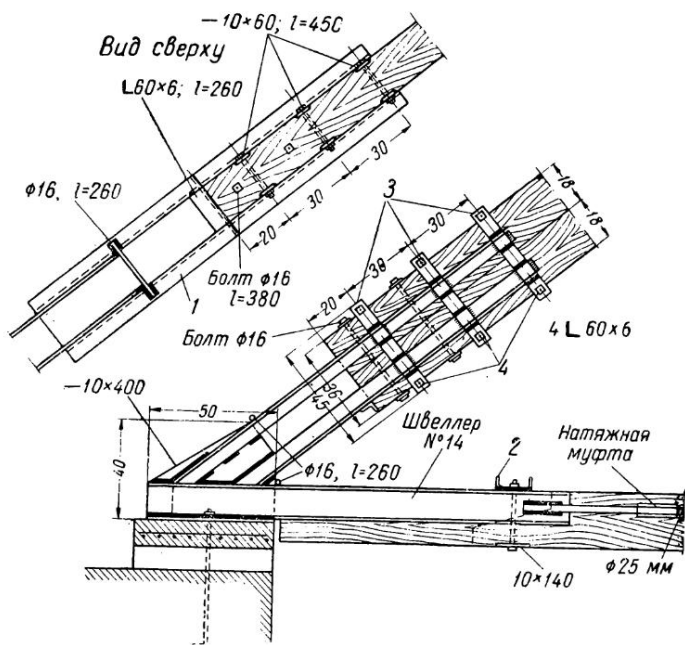


Рис. 57. Протезирование узлов деревянных полигональных ферм.

На месте установки сварка была доведена до минимума: она сводилась лишь к прикреплению одной стороны швеллера к опорному листу, приварке поперечных планок, элементов и концов затяжек. Для обеспечения подвижности одной из опор в опорных листах в месте расположения анкерных болтов были оставлены овальные отверстия. Таким образом, была получена надежная опорная конструкция.

Решение второй части задачи, имевшее в виду усиление узлов нижнего пояса, подвешенного к стойкам ферм при помощи малонадежных хомутов на болтах, уже давших просадку, осложнялось необходимостью поднять провисший подвесной потолок.

Осуществить такую подтяжку позволили принятые конструкции реставрированных узлов (рис. 58). Они состояли из парных обрезков швеллеров 3, к которым были приварены шпонки из полосовой стали, на выпущенных концах которых расположены отверстия для болтов диаметром 16 мм. Шпонки

врезали заподлицо в древесину стоек и стягивали попарно болтами. Обрезки швеллеров 3 были снабжены, помимо упомянутых шпонок, приваренными к ним сверху горизонтальными планками 2, длинными тяжами 4 сечением в диаметре 16 мм. Верхние нарезанные их концы с гайкой оперты на планку 2, а нижние приварены попарно к хомутам 8 из полосовой стали. Подъем и выверстка перекрытия достигались подвинчиванием верхних гаек.

Описанная конструкция подвески была заготовлена и сварена на стороне и в готовом виде заведена через отверстие в перекрытии снизу, установлена на место и закреплена болтами на шпонках. Перед установкой все вспомогательные металлические конструкции были покрыты противокоррозийным составом: масляной краской или асфальтовым лаком в горячем виде, а все деревянные элементы — проантисептированы.

Парные затяжки ферм следует подтягивать при помощи талрепов на величину теоретического распора от всех постоянных нагрузок. При натяжении парных затяжек на них ставили тензометры для уточнения одинаковости их натяжения.

При подобном восстановительном ремонте ферм установки тензометров можно избежать, учитывая самораспределение усилий в двух стальных стержнях, растянутых под воздействием одной и той же силы. При этом следует лишь предварительно отрыхловать стержни и сделать риску на торце талрепов. Проворачивая последние (по возможности одновременно) на одно и то же число оборотов, можно рассчитывать на одинаковую натяжку с практической достаточной точностью.

Описанный выше прием ремонта деревянных ферм был дважды применен в Ленинграде при восстановлении аварийных перекрытий больших пролетов. Первый из них (актовый зал Института связи) был выполнен еще в 1939 г. При этом удалось сохранить до 80% художественной лепки и штукатурки потолка, несмотря на довольно значительную равномерную подтяжку провисших ферм. Обследованные в 1951 г. конструкции не имели признаков деформации и других дефектов.

Необходимо сказать и о случаях неудачного решения стропильных конструкций в жилищно-коммунальном строительстве, вызывающих деформацию покрытия и даже трещины в поперечных стенах зданий. Наиболее распространенное из них — приме-

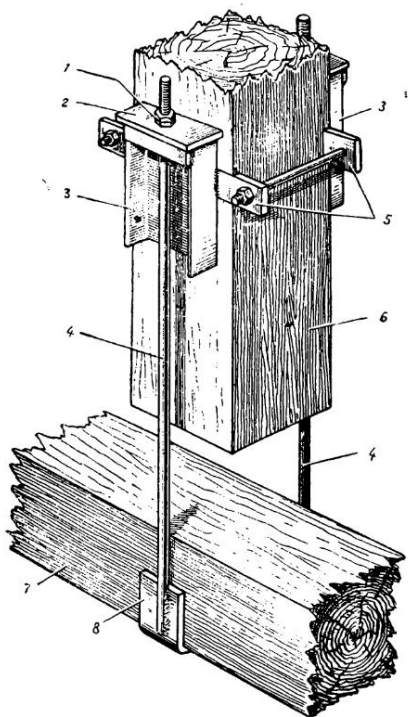


Рис. 58. Протезирование промежуточных узлов (подвесок):

1 — гайка с контргайкой; 2 — планка  $12 \times 70 \times 140$  мм; 3 — швеллер № 12  $i$  220 мм; 4 — тяж диаметром 16 мм; 5 — металлические шпонки  $20 \times 60$  мм (привариваются к швеллеру); 6 — стойка-подвеска; 7 — нижний пояс; 8 — хомут из полосовой стали.

нение преимущественно в старых зданиях недостаточно жесткой распорной конструкции стропил с повышенным ригелем (рис. 59).

Такие конструкции стропил обычно встречаются в широких помещениях (шириной 6—8 м) без внутренних продольных стен. Распирая последние, они при больших расстояниях между поперечными стенами или недостаточной анкеровке чердачных балок часто являются причиной аварийного состояния зданий.

В этих случаях необходимо заменять распорные конструкции безраспорными, т. е. ставить к стропилам затяжки либо усили-

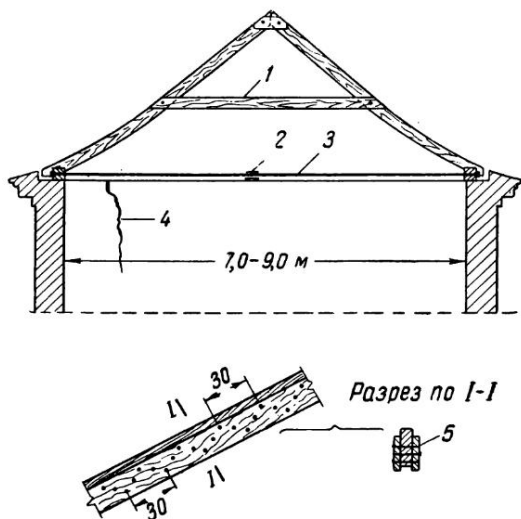


Рис. 59. Крепление конструкции здания от распора стропил с повышенным ригелем:  
1 — ригель; 2 — талреп; 3 — затяжка диаметром 20—25 мм; 4 — трещина в торцовой стене;  
5 — прибоины 16 × 2,5 см.

вать стены устройством периметральных поясов, обеспечивая их устойчивость хорошей анкеровкой балок.

Усиление недостаточно жестких стропил достигается обычно добавочными досками, прибиваемыми к стропилам сбоку.

\* \*  
\*

Несмотря на различие конструктивных типов приемов восстановления и ремонта деревянных перекрытий, описанных выше, все они объединены общей принципиальной основой: рациональным использованием древесины в условиях наибольшей сопротивляемости ее воздействию внешних сил. При проектировании этих конструктивных типов имелись в виду явные преимущества работы древесины на сжатие и смятие перед скалыванием, а главное, расслаиванием поперек волокон.

Необходимость применения новых типов крепления и наращивания поврежденных балок деревянных перекрытий обусловлена практическим опытом, показавшим недостаточность и неполноценность применяемых до настоящего времени способов усиления их и ремонта. Внедрение новых рациональных приемов в практику ремонтно-восстановительных работ даст возможность сэкономить значительные государственные средства, не говоря уже о том, что при этом будут ускорены темпы ремонтных работ при хорошем их качестве и минимальных затратах на строительные материалы.

---

ИСПЫТАНИЕ «ПРОТЕЗОВ»

Как концевые, так и промежуточные «протезы» подвергались испытанию на стендах в 1945 и 1946 гг. Протезированные конструкции были загружены пробной нарастающей нагрузкой, значительно превышающей расчетную<sup>1</sup>.

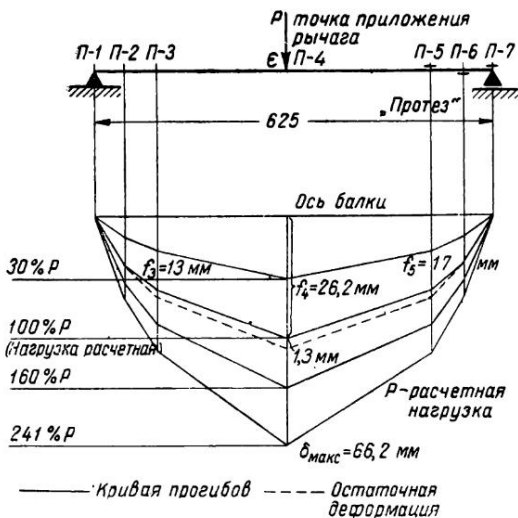


Рис. 60. Диаграмма прогибов при испытании балки с концевым «протезом».

Для примера ниже приведены графики прогибов балок с «протезами» (рис. 60 и 61), измеренных прогибомерами системы доктора технических наук проф. Н. Н. Аистова.

Теоретические прогибы балки определялись с учетом линейных деформаций стержней протезных фермочек. Сравнение опытных и теоретических деформаций показывает относительно незначительное расхождение их в пределах упругости.

<sup>1</sup> На 175—240%.

В результате испытаний были получены показатели, вполне подтверждающие надежность «протеза» и возможность его широкого применения в практике капитально-восстановительных работ.

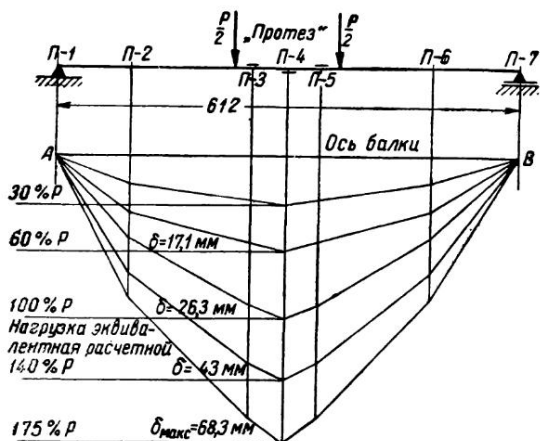


Рис. 61. Диаграмма прогибов при испытаниях балки с промежуточным «протезом» по середине пролета.

Величина опытных прогибов (по показаниям прогибомеров П-4, П-1 и П-7):

$$\delta_E = 2,66 - \frac{0,074 - 0,01}{2} = 2,62 \text{ см (100\% P);}$$

$$\delta_2 = 0,736 - \frac{0,074 + 0,01}{2} = 0,69 \text{ см;}$$

$$\delta_3 = 1,323 - \frac{0,074 + 0,01}{2} = 1,28 \text{ см;}$$

$$\delta_5 = 1,769 - \frac{0,074 + 0,01}{2} = 1,73 \text{ см;}$$

$$\delta_6 = 1,098 - \frac{0,074 + 0,01}{2} = 1,08 \text{ см;}$$

$$\delta_1 = 0,074 \text{ см;}$$

$$\delta_7 = 0,01 \text{ см;}$$

Величина теоретических прогибов:

$$\delta'_E = 2,25 \text{ см;}$$

$$\delta_8 = 0,682 \text{ см.}$$

Примечание. Превышение величины теоретического прогиба, полученное при испытании, объясняется обмятием древесины, не учитываемым при определении теоретического прогиба.



Значения опытных прогибов:

$$y_1 = 0,264 \text{ см};$$

$$y_2 = 1,659 = 1,48 \text{ см};$$

$$y_3 = 2,692 = 2,52 \text{ см};$$

$$y_4 = 2,808 = 2,62 \text{ см};$$

$$y_5 = 2,516 = 2,34 \text{ см};$$

$$y_6 = 1,500 = 1,33 \text{ см};$$

$$y_7 = 0,086 \text{ см}.$$

Значение теоретического прогиба:

$$y_{\text{макс}} \approx y_4 = \sum_0^n N_k \frac{N_i}{EF} l_k + \int_0^s M_k \frac{M_i}{EJ} ds = 2,15 \text{ см}.$$

где:  $k$  — индекс силы, равный 1;  
 $i$  — индекс фактической нагрузки

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПРУТКОВЫХ «ПРОТЕЗОВ» КОНСТРУКЦИИ С. Д. ДАИДБЕКОВА ПРИ РЕМОНТЕ ДЕРЕВЯННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

1. В целях получения изделий однородного качества прутковые «протезы» надо изготавливать, как правило, в централизованном порядке на стройдворах или на небольших заводах. «Протезы» при этом следует снабжать бирками, указывая на них несущую способность конструкции и границ ее применения.

2. Прутковые «протезы» применяются двух типов: концевые — с условным обозначением КП и промежуточные ПП.

Первые употребляются в случаях, когда поврежденный и удаляемый конец деревянной балки находится в заделке и во всяком случае не длиннее 40—45 см в пролете, считая от обреза стены; вторые, — когда поврежденный конец балки имеет длину до 2—2,5 м от обреза стены. В последнем случае недостающий конец балки следует заменять концом бревна, пакетом из досок или обрезком стального двутавра.

Концевые «протезы» укладываются одним опорным концом непосредственно на кирпичную стену.

3. Балки в ремонтируемых перекрытиях можно протезировать подряд, т. е. без соблюдения чередования целых балок и составных.

4. Обязательным предварительным условием применения «протезов» является тщательное обследование древесины перекрытия для выяснения вопроса об отсутствии в ней паразитов (грибов или жучков). Поврежденные паразитами балки можно протезировать лишь после тщательного удаления зараженных участков древесины спиливанием и стеской с последующей дезинфекцией. При этом необходимо проверить достаточность ослабленного сечения балок.

5. Нужный «протез» в зависимости от пролета балок и длины поврежденного конца можно подобрать непосредственно, пользуясь бирками (паспортами) «протезов», либо по таблице (см. приложение 5).

6. Перед постановкой на место «протезы» следует окрасить масляной краской или покрыть каким-либо другим антикоррозийным составом.

7. Нижнюю часть гнезда под опору концевого «протеза» необходимо закладывать кирпичом на растворе. При наличии глубокого гнезда в стене концевой «протез» можно завести не только снизу, но и сверху.

8. При установке «протезов» под здоровые концы протезируемых балок следует подводить временные опорные стойки и прогоны, причем может быть сохранено все перекрытие (подшивка, черный пол), а также прочно держащаяся штукатурка, за исключением полосы вдоль обреза стены шириной около 80 см.

9. В случаях, когда наращиваемые балки при установке «протезов» чередуются со здоровыми, последние могут служить временными опорами, поддерживающими при помощи ригелей протезируемые концы. Эти концы подвешиваются к ригелям проволочными закрутками.

10. Концевой «протез» снабжен сверху передвижной планкой, смещаемой при его установке. После установки планку надо ставить на место (впритык) к свободному узлу и обязательно прибивать к балке гвоздями.

11. Для установки промежуточного «протеза» необходимо иметь в глубине опорного гнезда запас 12—14 см против торца сменяемого участка балки.

12. Поврежденную часть балки следует освободить от элементов перекрытия (подшивки, черного пола, смазки и чистого настила), а под конец здорового участка завести опорные стойки и прогон. Сменяемый (пораженный) участок балки спиливают, после чего на него устанавливают промежуточный «протез». Снизу заводят в гнездо новый, предварительно проантисептированный обрезок балки, который укладывают на нижнюю опорную планку «протеза». Вместо обрезка деревянной балки может быть применен обрезок двутавра.

13. При установке промежуточного «протеза» необходимо дать балке в месте стыка строительный подъем в 3—4 см — на величину упругого прогиба и обмятие древесины под планками «протеза».

14. В этом поднятом состоянии делают подклинку под обе верхние планки сухими дощатыми клиньями.

Для подклинки «протезов» необходимо, чтобы разнос (т. е. вертикальное расстояние между верхними и нижними планками) был на 4—5 см больше высоты балки (с учетом подрезки снизу, которая для промежуточного «протеза» не должна быть более 3 см).

15. Для вывешивания перекрытия и получения строительного подъема под опорные стойки заводят бутылочные (или иные) домкраты. При этом следует обратить особое внимание на обеспечение устойчивости временной опорной конструкции. Это достигается устройством жестких дощатых подкосов между стойками и перекрытием.

С этой же целью можно использовать целые балки, если они имеются рядом с протезируемыми, что значительно упростит ремонт.

При заклинивании промежуточных «протезов» подкладки-клинья должны иметь длину на 10—15 см больше верхних планок.

16. Подрезка балки при установке «протезов» допускается лишь снизу «сбегом»; в том числе при концевых «протезах» на глубину не более 5 см и при промежуточных — не более 3 см.

Подвеска боковых щек балок для размещения промежуточного «протеза» выполняется в пределах выступающей черепной четверти<sup>1</sup>.

17. Укладка черного пола и подшивка в пределах расположения «протезов» делается по специальным подрезанным брускам, прибитым к балкам.

<sup>1</sup> Дополнительная подвеска боковых плоскостей допускается, но не более 0,5 см с каждой стороны балки.

18. Установка двух концевых «протезов» на одну балку допускается.

19. Установка двух промежуточных «протезов» на одну балку не допускается.

20. Вопрос об установке «протезов» в перекрытии должен решаться в каждом отдельном случае после тщательного обследования поврежденного места балки (в пропилах и зондированием при помощи буровчиков).

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ СТАЛЬНЫХ ПРУТКОВЫХ «ПРОТЕЗОВ» КОНСТРУКЦИИ С. Д. ДАИДБЕКОВА

#### I. Краткое описание и назначение

Прутковые «протезы» представляют собой легкие стальные фермочки, выполненные из отходов арматурной стали и обрезков швеллеров с узловыми соединениями на электросварке.

Прутковые «протезы» изготавливаются двух типов:

- а) концевые (марки КП) — для опорных концов поврежденных балок;
- б) промежуточные (марки ПП) для замены сгнивших участков балок длиной до 2—2,5 м.

#### II. Материал

Материалом для изготовления «протезов» служит: прутковая сталь марки Ст. 3, за исключением элементов жесткости и решетки, для изготовления которых допускается сталь марок Ст. 0 и Ст. 2.

Опорные элементы в зависимости от номеров «протезов» изготавливаются из швеллеров № 24—27 или из швеллеров № 12 и парных уголков  $60 \times 60 \times 8$  мм<sup>1</sup> при поперечном их расположении с приваркой к косынкам.

#### III. Технические требования

1. Конфигурация, размеры «протеза» в целом, а также конфигурация и размеры всех его элементов, и материалы должны полностью соответствовать рабочим чертежам.

2. Элементы конструкции необходимо отрихтовать. Трещины, прогибы и вмятины не допускаются.

3. Все заготовки на элементы допускается нарезать автогеном. Гибку элементов следует производить в холодном виде. Зачистка заусениц обязательна.

4. Сборка и прихватка элементов «протеза» должны вестись по шаблону, фиксирующему положение элементов.

5. Сварку должен выполнять дипломированный сварщик, пользуясь тонкообмазанными электродами марки Э-34 (ГОСТ 2523—44).

6. Сварной шов не должен иметь дутиков, трещин и пережогов.

---

<sup>1</sup> Размеры конструктивных элементов должны быть взяты по таблице либо проверены расчетом.

#### IV. Маркировка

«Протез» снабжается биркой, в которую заносится его основная характеристика.

#### V. Отделка

Готовые «протезы» окрашивают в черный цвет асфальтовым лаком.

#### VI. Испытание

Десять процентов выпускаемых «протезов» следует подвергать выборочным статическим испытаниям на 60-тонном гидравлическом прессе (в соответствии с инструкцией).

#### VII. Приемка

Все изготовленные «протезы» при приемке необходимо тщательно осматривать для определения их качества и соответствия рабочим чертежам.

#### VIII. Транспортирование и хранение

1. При транспортировании «протезов» их надо укладывать на деревянные рейки и привязывать к ним проволокой.

Транспортирование «протезов» навалом не разрешается.

2. «Протезы» следует хранить в закрытых помещениях.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 4

#### ТЕХНИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИСПЫТАНИЮ ПРУТКОВЫХ «ПРОТЕЗОВ» КОНСТРУКЦИИ С. Д. ДАИДБЕКОВА

1. Каждая выпускаемая мастерскими партия изготовленных «протезов» подвергается обязательному выборочному испытанию пробной статической нагрузкой, выбираемой по усмотрению заказчика. Остальные «протезы» партии принимаются после выверки размеров и тщательного осмотра качества сварных швов для установления отсутствия в них дутиков, трещин и пережога. По результатам испытания составляется акт, экземпляр которого сдается заказчику.

2. «Протезы» испытываются на гидравлическом прессе или путем искусственного стандартного нагружения, для чего «протез» устанавливают концевыми опорами на специально приспособленный пресс (см. рис. 22).

3. Испытание «протеза» сводится к сосредоточенному нагружению (давлению пресса) его средней опорной части и последующему разгрузению (после 5-минутной выдержки). Осмотренные после испытания сварные швы не должны иметь следов каких-либо качественных нарушений, а конструктивные элементы «протеза» — следов выгиба как в плоскости самого «протеза», так и в поперечном направлении.

4. Величина сосредоточенного давления (при испытании) на среднюю опорную часть «протеза» устанавливается в зависимости от его типа и регистрируется манометром. Для концевых протеза (тип КП) она принимается в 4 т, для промежуточного (тип ПП) — в 8 т и для промежуточного типа ПП (утяжеленного) — в 10 т.

ТАБЛИЦА ДЛЯ ПОДБОРА ПРУТКОВЫХ «ПРОТЕЗОВ»

Тип «протеза»	Параметры протезируемой балки		Разнос «протеза» $h$ в мм	№№ элементов и их сечение в мм									Приварка					
	$q$ кг/пог. м балки	$l$ в свету в м		1	2	3	4	5	6	7	8	9	толщина	элемент №1	элементы №1 и 2 по контору швом в.м.и	элемент №6 швом в.м.и	элемент №7 швом в.м.и	
КП-1	350	До 6,5	200	16	12	10	$N=24$ $l=120$	$N=24$ $l=120$	$\varnothing 16$	—	10	$5 \times 20$	6	50	70	$6 \times 50$	—	—
КП-2	350 500	От 6,5 до 7,5 До 6,5	250	16	14	10	$N=24$ $l=140$	$N=24$ $l=140$	$\varnothing 16$	—	10	$5 \times 20$	6	50	70	$6 \times 50$	—	—
КП-3	500	От 6,5 до 7,5	300	16	14	10	$N=24$ $l=140$	$N=24$ $l=140$	$\varnothing 20$	—	10	$5 \times 20$	6	50	70	$6 \times 50$	—	—
ПП-1	350 500	До 6,5 До 6,5	250	20	18	10	$N=24$ $l=140$	$N=24$ $l=220$	$10 \times 60$	20	10	—	8	50	70	—	6	$6 \times 50$
ПП-2	350	До 6,5	250	22	20	10	$N=27$ $l=140$	$N=27$ $l=220$	$10 \times 60$	20	10	—	8	50	70	—	8	$6 \times 50$

1 №№ элементов см. на рис. 1 и 3.

Тип "протеза"	Параметры протезируемой балки		№№ элементов и их сечение в мм									Приварка								
	q кг пог. м балки	l в свету в м	Разность "протеза" h в мм			диаметром			диаметром			элементы № 1 и 2 по контуру швом в мм		элемент № 6 швом в мм		элемент № 7 швом в мм	элемент № 8 швом в мм			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	элемент № 1	элемент № 2	с тремя парами шпонок	по контуру швом					
ПП-3	350 500	От 6,5 до 7,5 От 6,5 до 7,5	300	20	18	10	10	24	N=24 l=140	24	10×60	20	10	—	8	50	70	—	6	6×50
ПП-4	350 500	От 6,5 до 7,5 От 6,5 до 7,5	320	22	20	10	10	27	N=27 l=150	27	10×70	22	10	—	8	50	70	—	8	6×60
ПП-5	500	До 6,5	320	22	20	10	10	24	N=24 l=150	24	10×60	22	10	—	8	50	70	—	8	6×50
ПП-6	500	До 6,5	320	25	22	10	10	27	N=27 l=160	27	10×70	25	10	—	10	60	80	—	8	6×60
ПП-7 <sub>г</sub>	500	От 6,5 до 7,5	320	25	25	10	10	27	N=27 l=170	27	12×70	25	10	—	10	60	80	—	10	8×60

Материал. Для элементов № 1, 2, 4, 5, 6, 7 — сталь марки Ст. 3; приварка швом с  $R_4 \geq 3000$  кг/см<sup>2</sup>; для элементов № 3, 8, 9 — немаркированная сталь; приварка швом с  $R_4 \geq 2500$  кг/см<sup>2</sup>.

ПОТРЕБНЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ СЕЧЕНИЯ СРЕДНЕГО БРУСА СХВАТОК И ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ СОПРЯЖЕНИЯ  
СОСТАВНОЙ БАЛКИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРОЛЕТОВ И НАГРУЗОК (конструкции В. А. Ловцкого)

1	Пролет балки в свету в см	Нагрузка на 1 пог. м	Балки с допускаемым прогибом					№ швеллера для поперечины	Расстояние между осями поперечин в см	Диаметр болтов и размеры шайб под головки и гайки в мм				
			1/20 (чердачные)		1/250 (междуэтажные)		В конце среднего бруса (по одному болту)			болты	шайбы	болты	шайбы	
			сечение среднего бруса в см	сечение сваток при длине наращивания до 100 см	сечение сваток при длине наращивания до 100 см	сечение среднего бруса в см								сечение сваток при длине наращивания до 100 см
			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
450	350		14×22	5×22	7×22	14×22	5×22	7×22	8	50	19	80×80×6	14	60×60×4
	400		14×22	5×22	7×22	16×22	6×22	8×22	10	50	19	90×90×7	16	60×80×6
	450		16×22	6×22	8×22	14×24	5×24	7×24	10	50	22	90×90×7	16	60×80×6
	500		16×24	6×24	8×24	16×24	6×24	8×24	10	50	22	100×100×8	18	70×80×6
	550		16×24	6×24	8×24	18×24	6,5×24	9×24	12	50	22	100×100×8	18	70×80×6
	600		18×24	6,5×24	9×24	18×24	6,5×24	9×24	12	50	24	110×100×8	18	70×90×7
475	350		14×22	5×22	7×22	16×22	6×22	8×22	10	50	19	90×90×7	16	60×60×4
	400		16×22	6×22	8×22	14×24	5×24	7×24	10	50	20	90×90×7	17	70×70×5
	450		16×24	6×24	8×24	16×24	6×24	8×24	10	50	22	100×100×8	18	70×70×5
	550		16×24	6,5×24	9×24	16×26	6×26	8×26	12	50	24	110×110×8	18	70×90×7
	500		16×26	6,5×26	9×26	18×26	6,5×26	9×26	14	50	25	110×110×8	19	70×90×7
	600		16×26	6,5×26	9×26	18×26	6,5×26	9×26	14	50	25	110×110×8	19	70×90×7
500	350		16×22	6×22	8×22	14×24	5×24	7×24	10	50	20	90×90×7	16	60×70×5
	400		14×24	5×24	7×24	16×24	5×24	8×24	12	50	22	90×90×7	16	60×80×6
	450		16×24	6×24	8×24	18×24	6,5×24	9×24	12	50	22	100×100×8	18	70×80×6
	500		18×24	6,5×24	9×24	16×26	6×26	8×26	10	75	20	80×80×6	16	60×70×5
	550		16×26	6×26	8×26	18×26	6,5×26	9×26	12	75	22	90×90×7	16	60×80×6
	600		16×28	6×28	8×28	16×28	6×28	8×28	12	75	22	100×100×8	16	70×80×6

Пролет балки в свету в см	Нагрузка на I пол. м балки в кг	Балки с допускаемым прогибом										№ швеллера для поперечины	Расстояние между осями поперечин в см	в конце среднего бруса (всего один болт)	в концах схваток (по одному болту)
		1/200 (чердачные)					1/200 (междуэтажные)								
		сечение среднего бруса в см	сечение при длине наращивания до 100 см	сечение при длине наращивания более 100 см	сечение среднего бруса в см	сечение при длине наращивания до 100 см	сечение при длине наращивания более 100 см	болты	шайбы	болты	шайбы				
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14					
525	350	14×24	5×24	7×24	16×24	6×24	8×24	10	50	22	90×90×7	16	60×80×5		
	400	16×24	6×24	8×24	18×24	6,5×24	9×24	12	50	22	100×100×8	18	70×80×6		
	450	18×24	6,5×24	9×24	16×26	6×26	8×26	12	50	24	110×110×8	18	70×90×7		
	500	16×26	6×26	8×26	18×26	6,5×26	9×26	10	75	22	90×9×7	16	70×70×5		
	550	18×26	6,5×26	9×26	16×28	6×28	8×28	12	75	22	100×100×8	16	70×80×6		
	600	16×28	6×28	8×28	18×28	6,5×28	9×28	12	75	22	100×100×8	18	70×80×6		
550	350	16×24	6×24	8×24	18×21	7×24	9×24	12	50	22	100×100×8	16	60×80×6		
	400	18×24	7×24	9×24	16×26	6×26	8×26	12	50	24	100×100×8	18	70×80×6		
	450	16×26	6×26	8×26	16×28	6×28	8×28	14	50	25	110×110×8	19	70×90×7		
	500	18×26	7×26	9×26	18×28	7×28	9×28	12	75	22	100×100×8	16	70×70×5		
	550	16×28	6×28	8×28	20×28	8×28	10×28	14	75	22	100×100×8	18	70×80×6		
	600	18×28	7×28	9×28	20×28	8×28	10×28	14	75	24	100×100×8	18	70×80×6		
575	350	18×24	7×24	9×24	16×26	6×26	8×26	12	50	22	100×100×8	18	70×80×6		
	400	16×26	6×26	8×26	18×26	7×26	9×26	12	50	24	110×110×8	19	70×90×7		
	450	18×26	7×26	9×26	18×28	7×28	9×28	14	50	25	110×110×8	19	70×90×7		
	500	16×28	6×28	8×28	20×28	8×28	10×28	14	75	22	100×100×8	18	80×80×6		
	550	18×28	7×28	9×28	18×30	7×30	9×30	14	75	24	110×110×8	18	70×90×7		
	600	20×28	8×28	10×28	20×30	8×30	10×30	14	75	25	110×110×8	19	80×80×6		



Пролет балки в свету в см	Продолжение																																																																																																																																																																								
	Диаметр болтов и размеры шайб под головки и гайки в мм																																																																																																																																																																								
	в конце среднего бруса (всего один болт)																																																																																																																																																																								
	в концах схваток (по одному болту)																																																																																																																																																																								
1	2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14																																																																																																																																																
	Нагрузка на I пог. м		сечение среднего бруса в см		сечение при длине наращивания		сечение среднего бруса в см		сечение схваток при длине наращивания		сечение при длине наращивания		до 100 см		более 100 см		№ швеллера для поперечных		Расстояние между осями поперечн.		болты		шайбы		болты		шайбы																																																																																																																																														
1/200 (чердачные)		1/250 (междуэтажные)		сечение среднего бруса в см		сечение при длине наращивания		сечение среднего бруса в см		сечение схваток при длине наращивания		сечение при длине наращивания		до 100 см		более 100 см		№ швеллера для поперечных		Расстояние между осями поперечн.		болты		шайбы		болты		шайбы																																																																																																																																													
1/200 (чердачные)		1/250 (междуэтажные)		сечение среднего бруса в см		сечение при длине наращивания		сечение среднего бруса в см		сечение схваток при длине наращивания		сечение при длине наращивания		до 100 см		более 100 см		№ швеллера для поперечных		Расстояние между осями поперечн.		болты		шайбы		болты		шайбы																																																																																																																																													
600	350	16×26	6×26	8×26	18×26	7×26	9×26	18×26	7×26	9×26	10	75	20	90×90×7	16	60×70×5	400	18×26	7×26	9×26	18×26	7×26	9×26	12	75	22	90×90×7	16	60×80×6	450	16×28	6×28	8×28	20×28	7,5×28	10×28	12	75	22	100×100×8	18	70×70×5	500	18×28	7×28	9×28	18×30	7×30	9×30	20×30	7,5×30	10×30	12	75	24	100×100×8	18	70×80×6	550	20×28	7,5×28	10×28	20×30	7,5×30	10×30	14	75	25	110×110×8	19	80×90×7	600	18×30	7×30	9×30	22×30	8,5×30	11×30	14	75	25	110×110×8	19	80×90×7	625	350	18×26	7×26	9×26	18×28	7×28	9×28	18×28	7×28	9×28	10	75	22	90×90×7	16	70×70×5	400	16×28	6×28	8×28	20×28	7,5×28	10×28	12	75	22	100×100×8	16	70×80×6	450	18×28	7×28	9×28	18×30	7×30	9×30	20×30	7,5×30	10×30	12	75	22	100×100×8	18	70×80×6	500	20×28	7,5×28	10×28	20×30	7,5×30	10×30	12	100	22	100×100×8	16	70×80×6	550	18×30	7×30	9×30	22×30	8,5×30	11×30	12	100	22	100×100×8	18	70×80×6	600	20×30	7,5×30	10×30	20×32	7,5×32	10×32	14	100	24	110×110×8	18	80×80×6

Пролет балки в свету в см	Нагрузка на 1 пог. м	Балки с допускаемым прогибом								№ швеллера для поперечины	Расстояние между осями поперечин в см	Диаметр болтов и размеры шайб под головки и гайки в мм	
		1/200 (чердачные)				1/250 (междуэтажные)							
		сечение среднего бруса в см	сечение при длине наращивания до 100 см	сечение среднего бруса в см	сечение свхатов при длине наращивания до 100 см	сечение при длине наращивания до 100 см	сечение свхатов при длине наращивания до 100 см	сечение при длине наращивания до 100 см	сечение свхатов при длине наращивания до 100 см				
болты	шайбы									болты	шайбы		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
650	350	16×28	6,5×28	8×28	20×28	8×28	10×28	12	75	22	100×100×8	16	70×70×5
	400	18×28	7×28	9×28	18×30	7×30	9×30	12	75	22	100×100×8	18	70×80×6
	450	20×28	8×28	10×28	20×30	8×30	10×30	12	75	24	110×110×8	18	80×80×6
	500	18×30	7×30	9×30	22×30	9×30	11×30	12	100	22	100×100×8	18	70×80×6
	550	20×30	8×30	10×30	20×32	8×32	10×32	14	100	24	110×110×8	18	80×80×6
	600	22×30	9×30	11×30	22×32	9×32	11×32	14	100	25	110×110×8	19	80×80×6
675	350	18×28	7×28	9×28	18×30	7×30	9×30	12	75	22	100×100×8	18	70×80×6
	400	20×28	8×28	10×28	20×30	8×30	10×30	12	75	24	110×110×8	18	70×80×6
	450	18×30	7×30	9×30	22×30	9×30	11×30	14	75	25	110×110×8	19	80×80×6
	500	20×30	8×30	10×30	20×32	8×32	10×32	14	100	22	100×100×8	18	70×80×6
	550	22×30	9×30	11×30	22×32	9×32	11×32	14	100	24	110×110×8	18	80×80×6
	600	20×32	8×32	10×32	20×34	8×34	10×34	14	100	25	110×110×8	19	80×80×6

Пролет балки в свету в см	Нагрузка на 1 пог. м балки в кг	Балки с допускаемым прогибом							№ швеллера для поперечны	Расстояние между осями поперечн в см	Диаметры болтов и размеры шайб под головки и гайки в мм (в конце среднего бруса—2 болта, в концах свхаток— по 1 болту)			
		1/200 (чердачные)		1/250 (междуэтажные)		сечение свхаток при длине наращивания	сечение среднего бруса в см	до 190 см				более 190 см		
		сечение среднего бруса в см	сечение свхаток при длине наращивания	сечение свхаток при длине наращивания	сечение среднего бруса в см								до 190 см	более 190 см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
700	350	20×28	8×28	10×28	20×30	8×30	16×30	12	75	18	80×80×6			
	400	18×30	7×30	9×30	22×30	9×30	11×30	12	75	18	80×80×6			
	450	20×30	8×30	10×30	20×32	8×32	10×32	12	75	19	90×90×7			
	500	22×30	9×30	11×30	22×32	9×32	11×32	12	100	19	80×80×6			
	550	20×32	8×32	10×32	20×34	8×34	10×34	12	100	19	80×80×6			
	600	22×32	9×32	11×32	22×34	9×34	11×34	14	100	19	90×90×7			
725	350	20×28	8×28	10×28	22×30	9×30	11×30	12	75	18	80×80×6			
	400	20×30	8×30	10×30	20×32	8×32	10×32	12	75	19	80×80×6			
	450	22×30	9×30	11×30	22×32	9×32	11×32	12	100	18	80×80×6			
	500	20×32	8×32	10×32	20×34	8×34	10×34	12	100	19	80×80×6			
	550	22×32	9×32	11×32	22×34	9×34	11×34	14	100	19	90×90×7			
	600	20×34	8×34	10×34	22×36	9×36	11×36	14	100	20	90×90×7			

Пролет балки в свету в см	Нагрузка на 1 пог. м балки в кг	Балки с допускаемым прогибом						№ швеллера для поперечны	Расстояние между осями поперечн в см	Диаметры болтов и размеры шайб под головки и гайки в мм (в конце среднего бруса—2 болта, в концах свхваток— по 1 болту)		
		1/200 (чердачные)		1/250 (междуглажные)		сечение свхваток при длине наращивания	сечение среднего бруса в см				до 210 см	более 210 см
		сечение среднего бруса в см	сечение свхваток при длине наращивания	сечение среднего бруса в см	сечение свхваток при длине наращивания							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
750	350	18×30	7,5×30	9×30	20×32	8×32	10×32	12	100	17	70×70×5	
	400	22×30	9×30	11×30	22×32	9×32	11×32	12	100	18	80×80×6	
	450	20×32	8×32	10×32	20×34	8×34	10×34	12	100	18	80×80×6	
	500	22×32	9×32	11×32	22×34	9×34	11×34	14	100	19	90×90×7	
	550	20×34	8×34	10×34	22×36	9×36	11×36	14	100	19	90×90×7	
	600	22×34	9×34	11×34	24×36	10×36	12×36	14	120	19	90×90×7	
775	350	20×30	8×30	10×30	22×32	9×32	11×32	12	100	16	70×70×5	
	400	20×32	8×32	10×32	20×34	8×34	10×34	12	100	18	80×80×6	
	450	22×32	9×32	11×32	24×34	10×34	12×34	14	100	19	80×80×6	
	500	20×34	8×34	10×34	22×36	9×36	11×36	14	100	19	90×90×7	
	550	22×34	9×34	11×34	24×36	10×36	12×36	14	120	19	90×90×7	
	600	24×34	10×34	12×34	22×38	9×38	11×38	14	120	19	90×90×7	

Пролет балки в свету в см	Нагрузка на 1 пог. м балки в кг	Балки с допускаемым прогибом								№ швеллера для поперечных	Расстояние между осями поперечных в см	Диаметры болтов и размеры шайб под головки и гайки в мм (в конце среднего бруса—2 болта, в концах свхаток— по 1 болту)
		1/200 (чердачные)				1/250 (междуэтажные)						
		сечение среднего бруса в см	сечение свхаток при длине наращивания		сечение среднего бруса в см	сечение свхаток при длине наращивания		до 220 см	более 220 см			
			4	5		6	7					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
800	350	22×30	9×30	11×30	20×34	8×34	10×34	12	100	19	80×80×6	
	400	22×32	9×32	11×32	22×34	9×34	11×34	12	100	19	80×80×6	
	450	20×34	8×34	10×34	24×34	10×34	12×34	14	100	19	80×80×6	
	500	22×34	9×34	11×34	24×36	10×36	12×36	12	120	19	90×90×7	
	550	24×34	10×34	12×34	22×38	9×38	11×38	14	120	19	90×90×7	
	600	22×36	9×36	11×36	—	—	—	14	120	20	90×90×7	
825	350	20×32	8×32	10×32	22×34	9×34	11×34	12	100	18	80×80×6	
	400	20×34	8×34	10×34	24×34	10×34	12×34	14	100	19	80×80×6	
	450	22×34	9×34	11×34	24×36	10×36	12×36	14	100	19	90×90×7	
	500	24×34	10×34	12×34	22×38	9×38	11×38	14	120	19	90×90×7	
	550	22×36	9×36	11×36	—	—	—	14	120	20	90×90×7	
	600	22×38	9×38	11×38	—	—	—	14	120	22	90×90×7	

Пролет балки в свету в см	Нагрузка на 1 пог. м балки в кг	Балки с допускаемым прогибом						№ швеллера для перемычки	Расстояние между осями перемычки в см	Диаметр болтов и размеры шайб под головки и гайки в мм (в конце среднего бруса — 2 болта, в концах свхаток — по 1 болту)			
		1/200 (чердачные)		1/250 (междуэтажные)		сечение свхаток при длине наращивания	сечение среднего бруса в см				сечение свхаток при длине наращивания		
		сечение среднего бруса в см	сечение свхаток при длине наращивания	до 240 см	более 240 см							до 240 см	более 240 см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
850	350	22×32	9×32	11×32	24×34	10×34	12×34	12	100	18	80×80×6		
	400	22×34	9×34	11×34	22×36	9×36	11×36	14	100	19	80×80×6		
	450	24×34	10×34	12×34	24×36	10×36	12×36	14	100	20	90×90×7		
	500	22×36	9×36	11×36	—	—	—	14	120	19	90×90×7		
	550	22×38	9×38	11×38	—	—	—	14	120	20	90×90×7		

### УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ ОПОРНЫХ ПЛАНOK «ПРОТЕЗОВ» С УЧЕТОМ ПОДАТЛИВОСТИ ОПОРЫ (СМИНАЕМОЙ ДРЕВЕСИНЫ БАЛКИ)

Для полного уяснения работы на изгиб металлических планок «протезов», защемляющих и сминающих поперек волокон древесину концов протезируемых участков балок, ниже приводится их расчет как коротких балок на сплошном упругом основании, нагруженных по концам. Расчет основывается на положении, что давление на постель или отпор постели пропорциональны ее оседанию:

$$p = \psi y, \quad (1)$$

где:  $p$  — отпор постели, равный давлению на единицу площади постели, в  $кг/см^2$ ;

$\psi$  — коэффициент сжатия постели в  $кг/см^2$ ;

$y$  — прогиб планки в данном месте (ордината упругой линии) в  $см$ .

Если обозначить через  $d$  ширину планки и через  $p_x$  — интенсивность отпора постели на 1 пог.  $см$  длины планки<sup>1</sup>, то (рис. 62):

$$p_x = pd = \psi dy, \quad (2)$$

$p_x$  выражено в  $кг/см^2$ .

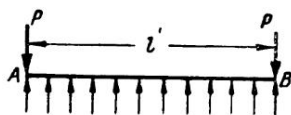


Рис. 62. Схема нагрузки на опорные планки.

Расчет произведен по упрощенному, но практически оправданному и достаточно точному способу, заменяющему действительную упругую линию параболической кривой 2-й степени, совпадающей с упругой линией в трех точках. Поскольку отпор пропорционален оседанию постели, интенсивность отпора также выражается квадратной параболой:

данию постели, интенсивность отпора также выражается квадратной параболой:

$$p_x = a + b_x + cx^2. \quad (3)$$

В частном случае симметричной нагрузки кривая давления будет симметричной и касательная в точке  $c$  горизонтальной:

$$\left(\frac{dp_x}{dx}\right)_{x=\frac{l}{2}} = (b + 2cx)_{x=\frac{l}{2}} = b + cl = 0;$$

откуда  $b = -cl$  и уравнение (3) примет вид:

$$p_x = a - cx(l - x). \quad (4)$$

Для решения уравнения (4) необходимо определить две постоянные:  $a$  и  $c$  (рис. 63).

С этой целью необходимо составить дополнительные уравнения:

$$M_x = \int_0^x P_z \cdot (x - z) dz - px =$$

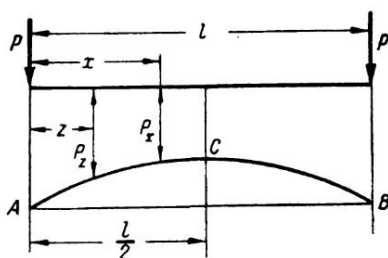


Рис. 63. Эпюра напряжений сжатия древесины под верхней опорной планкой.

<sup>1</sup> Принимается равномерное распределение отпора по ширине планки.

$$\begin{aligned}
&= \int_0^x [a - cz(l-z) \cdot (x-z) \cdot dz - px] = \\
&= x \cdot \left( ax - \frac{c \cdot lx^2}{2} + \frac{cx^3}{3} \right) - \frac{ax^2}{2} + \frac{c \cdot lx^3}{3} - \frac{cx^4}{4} - px = \\
&= \frac{ax^2}{2} - \frac{clx^3}{6} + \frac{cx^4}{12} - px.
\end{aligned}$$

Это значение  $M_x$  подставляем в дифференциальное уравнение упругой линии планки:

$$EJ \frac{d^2y}{dx^2} = -M_x^* = px - \frac{ax^2}{2} + \frac{clx^2}{6} - \frac{cx^4}{12}, \quad (5)$$

где:  $J$  — момент инерции планки „протеза“;

$E$  — модуль нормальной упругости стали.

В результате последовательного интегрирования имеем:

$$EJ \frac{dy}{dx} = \frac{px^2}{2} - \frac{ax^3}{6} + \frac{clx^4}{24} - \frac{cx^5}{60} + A_1; \quad (6)$$

$$EJy = \frac{px^3}{6} - \frac{ax^4}{24} + \frac{clx^5}{120} - \frac{cx^6}{360} + h_1x - A_2.$$

Постоянные интегрирования  $A_1$  и  $A_2$  выражаем через значение ординат упругой линии на концах:

$$\text{при } x = 0; EJy_A = A_2;$$

$$\text{при } x = l; EJy_B = \frac{pl^3}{6} - \frac{al^4}{24} + \frac{cl^6}{180} + A_1l + A_2, \quad (7)$$

но в силу симметрии:

$$y_A = y_B,$$

поэтому:

$$A_1 = \frac{al^3}{24} - \frac{cl^6}{180} - \frac{pl^2}{6}. \quad (8)$$

Принимаем во внимание условие совпадения нашей параболы с действительной упругой линией изгиба для планки в трех точках:  $A$ ,  $B$  и  $C$ .

Действительная упругая линия удовлетворяет уравнению (2):

$$p_x = \psi dy \text{ при } x = 0;$$

$$y = y_A = \left[ \frac{p_x}{\psi d} \right]_{x=0} = \frac{a}{\psi d};$$

$$A_2 = EJy_A = \frac{EJa}{\psi d}. \quad (9)$$

---

\* Знак минус принят потому, что за положительное направление ординат взято направление вверх (в сторону выпуклости кривой).



Формулы (7) и (8) дают значения постоянных интегрирования  $A_1$  и  $A_2$ :

$$EJy_A = \frac{p \cdot x^3}{6} - \frac{ax^4}{24} + \frac{clx^5}{120} - \frac{cx^6}{360} + \left( \frac{al^3}{24} - \frac{cl^5}{6} - \frac{pl^2}{6} \right) x + \frac{EJa}{\psi d}. \quad (10)$$

При  $x = \frac{l}{2}$ , имеем:

$$\begin{aligned} EJy_c &= [EJy]_x = \frac{l}{2} = \left[ \frac{EJp_x}{\psi d} \right]_x = \frac{l}{2} = \\ &= \frac{EJ \left[ a - c \frac{l}{2} \left( l - \frac{l}{2} \right) \right]}{\psi d} = \frac{EJ \left( a - \frac{cl^2}{4} \right)}{\psi d} = \frac{pl^3}{48} - \frac{al^4}{384} + \\ &+ \frac{cl^6}{3840} - \frac{cl^5}{23\,040} + \left( \frac{al^3}{24} - \frac{cl^5}{180} - \frac{pl^2}{6} \right) \cdot \frac{l}{2} + \frac{EJa}{\psi d}. \end{aligned}$$

После приведения подобных членов и сокращения на  $-l^2$ , получим уравнение следующего вида:

$$\frac{cEJ}{4\psi d} = \left[ \frac{pl}{16} - \frac{7}{384} al^2 + \frac{59}{23\,040} cl^4 \right]. \quad (11)$$

Таким образом получим одно уравнение с двумя неизвестными  $a$  и  $c$ ; другое уравнение получим из условия статической эквивалентности суммарного отпора постели внешней нагрузке:

$$\begin{aligned} 2P &= \int_0^l p_x \cdot dx = \int_0^l [a - cx(l-x)] \cdot dx = al - cl \cdot \frac{l^3}{2} + c \frac{l^3}{3} = \\ &= al - \frac{cl^3}{6}; \\ P &= \frac{al}{2} - \frac{cl^3}{12}. \end{aligned} \quad (12)$$

Решая совместно уравнения (11) и (12), найдем коэффициенты  $a$  и  $c$ :

$$a = \frac{2P + \frac{cl^3}{6}}{l} = \frac{12P + cl^3}{6l}, \quad (13)$$

подставляя значение  $a$  в уравнение (10), получим:

$$\begin{aligned} c \cdot \frac{EJ}{4\psi d} &= \left[ \frac{Pl}{16} - \frac{7}{484} l^2 \left( \frac{12P + cl^3}{6l} \right) + \frac{59}{23\,040} cl^4 \right]; \\ c \cdot \left[ \frac{EJ}{4\psi d} + \frac{11}{23\,040} l^4 \right] &= \frac{5}{192} Pl; \end{aligned}$$

разделив обе части уравнения на  $l^4$  и обозначая

$$N = \frac{EJ}{\psi dl^4},$$

получим:

$$c = \frac{5}{192 \left( \frac{N}{4} + \frac{11}{23040} \right)} \cdot \frac{P}{l^3} = \frac{5 \times 23040}{192 \cdot (5760 \cdot N + 11)} \cdot \frac{P}{l^3} = \\ = \frac{600}{5760N + 11} \cdot \frac{P}{l^3}; \quad (14)$$

$$a = \frac{12P + \frac{600}{5760N + 11} \cdot \frac{P}{l^3} \cdot l^3}{6} = \left( 2 + \frac{100}{5760N + 11} \right) \cdot \frac{P}{l}; \quad (15)$$

имея значения  $a$  и  $c$ , найдем из уравнения (4)  $p_x$  (см. примеры расчета на стр. 48).

---

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
<b>I. Восстановление балок при помощи прутковых «протезов» (ленинградский способ)</b>	
1. Описание конструкции . . . . .	9
2. Способ установки «протезов» . . . . .	13
3. Протезирование наслонных стропил . . . . .	18
4. Статический расчет прутковых «протезов» на балки . . . . .	23
5. Проверочный расчет протезируемых балок . . . . .	27
6. Расчет стропильных прутковых «протезов» . . . . .	28
7. Последовательность процесса изготовления «протезов» . . . . .	29
8. Последовательность установки «протезов» . . . . .	32
9. Примеры установки «протезов» . . . . .	34
10. Исследование случая неправильного применения «протезов» . . . . .	36
11. О стандартизации «протезов» . . . . .	40
12. Экономические показатели . . . . .	50
<b>II. Балочные «протезы» конструкции инж. Н. А. Ануфриева</b>	
1. Описание конструкции . . . . .	56
2. Применение «протезов» . . . . .	58
<b>III. Нарращивание деревянных балок перекрытий по способу инж. В. А. Ловцкого</b>	
1. Описание конструкции и способы установки . . . . .	60
2. Расчеты конструкции . . . . .	69
<b>IV. Другие способы восстановления балок перекрытий</b>	
<b>V. Восстановление стропильных конструкций</b>	
Приложения	
1. Испытание «протезов» . . . . .	90
2. Технические указания по применению прутковых «протезов» кон- струкции С. Д. Даидбекова при ремонте деревянных перекрытий жилых зданий . . . . .	9

3. Технические указания по изготовлению стальных прутковых «протезов» конструкции С. Д. Даидбекова . . . . .	94
4. Технические указания по испытанию прутковых «протезов» конструкции С. Д. Даидбекова . . . . .	95
5. Таблица для подбора прутковых «протезов» . . . . .	96
6. Потребные поперечные сечения среднего бруса схваток и других элементов сопряжения составной балки для различных пролетов и нагрузок (конструкции В. А. Ловцкого) . . . . .	98
7. Уточненный расчет опорных планок «протезов» с учетом податливости опоры (сминаемой древесины балки) . . . . .	106

---





Редактор *А. Н. Пеклер*

Техн. редактор *Э. Лайхт*

---

Сдано в производство 2/1 1953 г. Подписано к печати 8/1V 1953 г.  
Бум. 60 × 92<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Уч.-изд. л. 6,85. Тираж 10 000. Печ. л. 7.  
Л74670 Емкость 39 000 зн. в 1 п. л. Изд. № 1444. Заказ №

---

Типография изд-ва Министерства коммунального хозяйства РСФСР,  
г. Перово, ул. Плющева, 22.