

УДК 624.072.2.014

ОСОБЕННОСТИ УСИЛЕНИЕ СКВОЗНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПОД ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НАГРУЗКОЙ

Дзюба С.В., Михайлов А.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

THE FEATURES OF STRENGTHENING OF THE METALLIC THROUGH CONSTRUCTIONS UNDER LOAD

Dzyuba S.V., Mikhailov A.A. (Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa)

Рассматриваются конструктивные особенности усиления систем сквозных металлических конструкций покрытий и перекрытий. Приводится методика производства соответствующих работ.

Ключевые слова: усиление конструкций, сквозные металлических конструкции покрытий и перекрытий.

The features of strengthening of the metallic through constructions of the rafter systems are examined. A method of production is brought.

Keywords: strengthening of constructions, the through metallic constructions of rafter systems.

Необходимость усиления строительных конструкций в целом, и сквозных металлических конструкций в частности, традиционно сводится к совокупности факторов, делающих невозможной продолжительную нормальную их эксплуатацию. В большинстве случаев обуславливаются данные факторы наличием недопустимых дефектов и повреждений, вызванных эксплуатационным износом, нарушениями правил и условий эксплуатации, повреждениями стихийного характера, влекущими невыполнение условий прочности, устойчивости, жесткости, выносливости и т.п. Обычно, процесс усиления конструкций, находящихся в напряженном состоянии близком к предельно-допустимому, принято рассматривать крайним средством, обеспечивающим нормальные условия эксплуатации в тех случаях, когда этой цели нельзя достичь ни за счет выявленных резервов несущей способности, ни путем уменьшения действующих нагрузок. Однако, избежать подобных мероприятий очень часто не удается. При этом, в ряде случаев причины осуществления работ по усилению конструкций кроются не только в дефектах полученных в процессе их эксплуатации, но и в

ошибках, допущенных при проектировании и производстве строительного-монтажных работ.

С проблемой, требующей безотлагательного усиления конструкций ферм, используемых в качестве основных несущих элементов междуэтажного перекрытия и находящихся под нагрузкой, близкой к предельно-допустимой, столкнулись сотрудники кафедры Металлических, деревянных и пластмассовых конструкций Одесской государственной академии строительства и архитектуры при обследовании нового здания одного из национальных культурных центров.

Здание было построено в 2006 году по бескаркасной конструктивной схеме, предусматривающей в качестве несущих как продольные, так и поперечные стены. Рассматриваемое перекрытие располагалось над спортивным залом, имеющим ширину в осях стен 14,4 м. В качестве основных несущих элементов использовались металлические фермы с высотой 2,0 м, установленные с шагом 6,0 м и направленные в продольном направлении здания. Опирались фермы было осуществлено на капитали, выполненные в составе поперечных кирпичных стен. Конструкция капитали предусматривала устройство внутренних монолитных железобетонных сердечников, связанных горизонтальными сетками с кладкой стен.

В качестве настила перекрытия использовались сборные многослойные плиты, установленные непосредственно на верхние пояса ферм. Над частью габаритного пятна рассматриваемого перекрытия размещались не введенные в эксплуатацию помещения культурного центра, отделенные от примыкающей террасы подвесной стеной, установленной на металлическую балку, перекинутую над поверхностью перекрытия спортзала. Основную часть террасы проектом предусматривалось покрыть легкими деревянными навесами, опертые на плиты нижележащего перекрытия (рис. 1).

Принятое конструктивное решение уже на стадии строительства вызвало ряд нареканий со стороны производителей работ и технического надзора, касающихся недостаточной жесткости конструкции и отсутствия необходимой ширины опирания плит на пояса ферм, что привело к усилению перекрытия авторами проекта здания, предусмотревшими устройство дополнительной системы вертикальных связей, раскрепивших фермы между собой и каменными стенами здания, а также обеспечивших дополнительную опору плитам настила в середине их пролета (рис.2). Авторы проекта предусмотрели также «усиление» ферм, сводившееся к установке между узлами верхнего пояса дополнительных шпренгельных стоек, выполненных без соответствующих подкосов и крайне мало влияющих на общую работу конструкции.

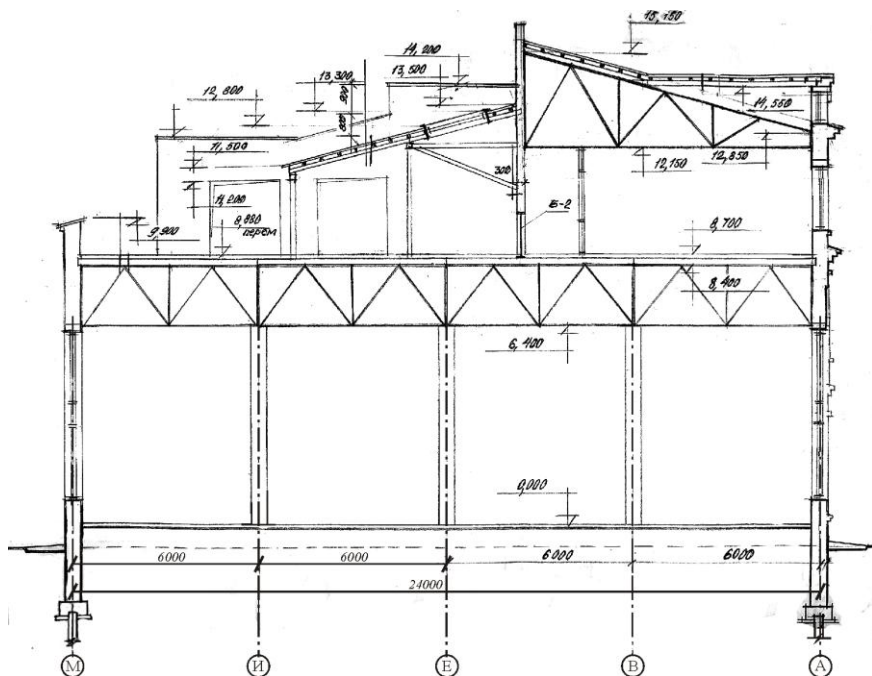


Рис. 1. Поперечный разрез рассматриваемого здания

Обследование здания, проведенное в соответствии с действующими нормами [1, 2, 3], позволило установить наличие существенных отступлений от первоначального проекта. Предусмотренные проектом помещения, расположенные над рассматриваемым пятном перекрытия, претерпели перепланировку, легкие стеклянные перегородки были заменены капитальными, а количество их возросло, конструкция полов была значительно утяжелена. На части поверхности смежной террасы, в габарите ранее предусмотренных легких навесов были устроены помещения «зимнего» типа, конструкции которых были полностью оперты на плиты нижележащего перекрытия. Фактический состав эксплуатируемой кровли, сохранившейся части террасы, отличался от проектного и имел вес многократно его превосходящий. Т.о. наблюдался значительный рост нагрузок по всей площади рассматриваемого перекрытия.

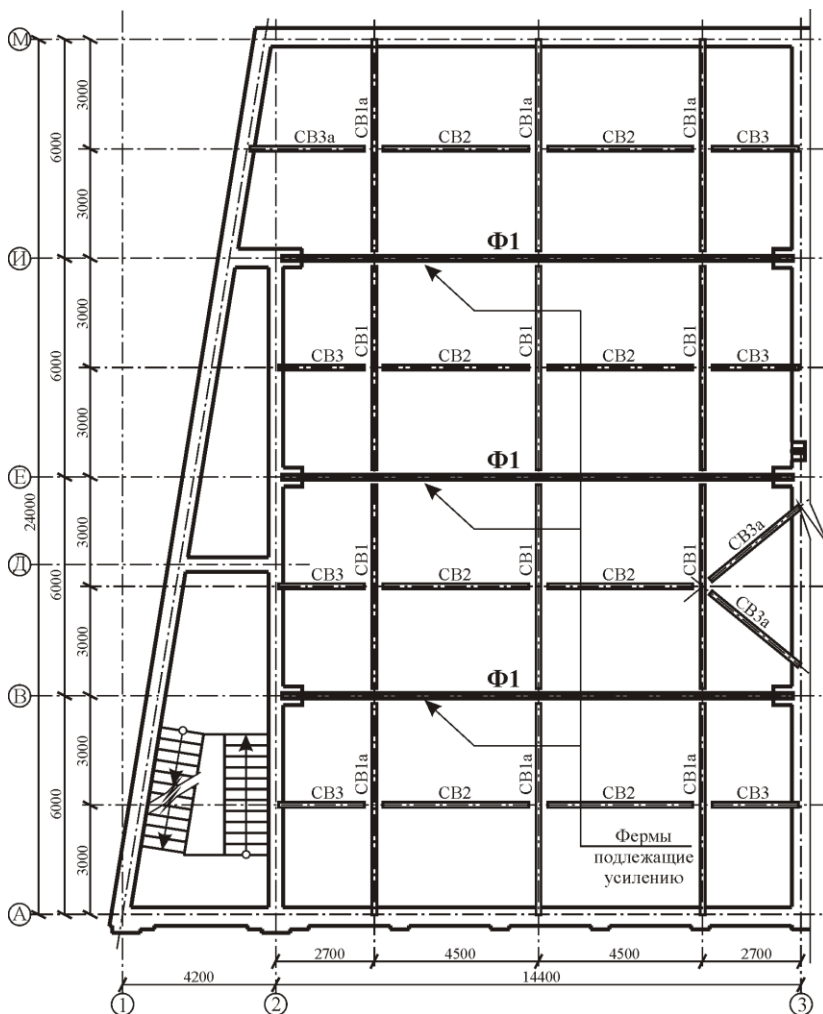


Рис. 2. План усиливаемого перекрытия

Выполненные поверочные расчеты конструкции ферм (рис. 3, а) позволили установить допустимую полную расчетную равномерно распределенную по длине их верхних поясов нагрузку, составившую 4,50 т.с./м.п. В тоже время, величины суммарных расчетных нагрузок, действовавших бы на фермы при эксплуатации вышележащих помещений и террасы, по разным осям перекрытия составили бы от 5,56 до 7,95 т.с./м.п. (эпюры расчетных усилий в стержнях наиболее нагру-

женной фермы см. на рис. 3, б). Практически на момент обследования фермы были способны нести только нормативные постоянные нагрузки от собственного веса вышележащих строительных конструкций и по сути работали на пределе своих возможностей.

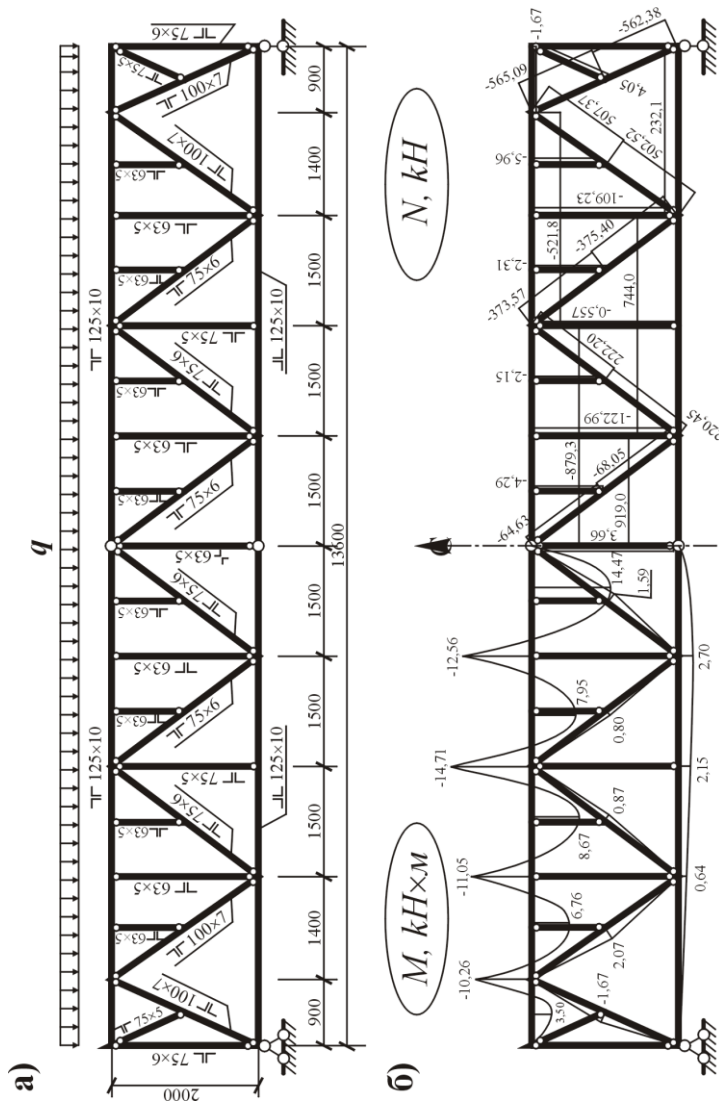


Рис. 3. Усиливаемые фермы: а — расчетная схема, б — расчетные внутренние усилия

Требовалось срочная разгрузка ферм или их усиление. При этом методы, предусматривающие изменение условий эксплуатации конструкций или косвенное их усиление, были неприемлемы с точки зрения ценности вышележащей части здания и условия обеспечения нормальной эксплуатации размещенных в ней помещений. Изменение конструктивной схемы ферм, введением промежуточных опор или иных разгружающих элементов, исключалось назначением помещения спортзала, а также особенностями общей конструкции прилегающей части здания. Таким образом, в качестве рабочего был принят вариант, предусматривающий увеличение площадей сечений основных элементов, усиление их соединений, а также введение в состав конструкции ферм отдельных дополнительных стержней (создание полноценных шпренгелей).

В настоящее время в качестве основных рабочих гипотез, усиления элементов металлических конструкций увеличением сечений, используются две [4, 5, 6]. Первая, предусматривает упругую стадию работы элементов и предполагает, что дополнительные детали усиления воспринимают только усилия, возникающие от нагрузок, приложенных после усиления. Согласно второй, «пластической» гипотезы, достижение в сечении усиливаемого элемента предела текучести приводит к перераспределению и выравниванию напряжений в сечениях усиливаемого и дополнительного элемента.

В процессе усиления металлических стержней с использованием сварки обеспечивается непосредственное включение в работу дополнительных элементов. С увеличением нагрузки усиливаемый и дополнительный элементы начинают работать совместно в упруго-пластической стадии, т.о. практически оправдываются положения «пластической» гипотезы и предельным следует считать такое состояние элементов, усиленных под нагрузкой, когда в дополнительном элементе напряжения достигают расчетного сопротивления.

Существующие рекомендации усиления металлических конструкций с использованием сварки [7] требуют максимального разгружения усиливаемых элементов. Поскольку разогрев элементов в процессе сварки снижает их первоначальную несущую способность, усиление под нагрузкой рекомендуется производить при напряжениях не превышающих $0,6R_y$. Сам же разогрев усиливаемых элементов следует ограничивать в соответствии с фактической величиной действующих напряжений.

Специфично и усиление находящихся под нагрузкой угловых сварных швов, т.к. при производстве сварочных работ из работы соедине-

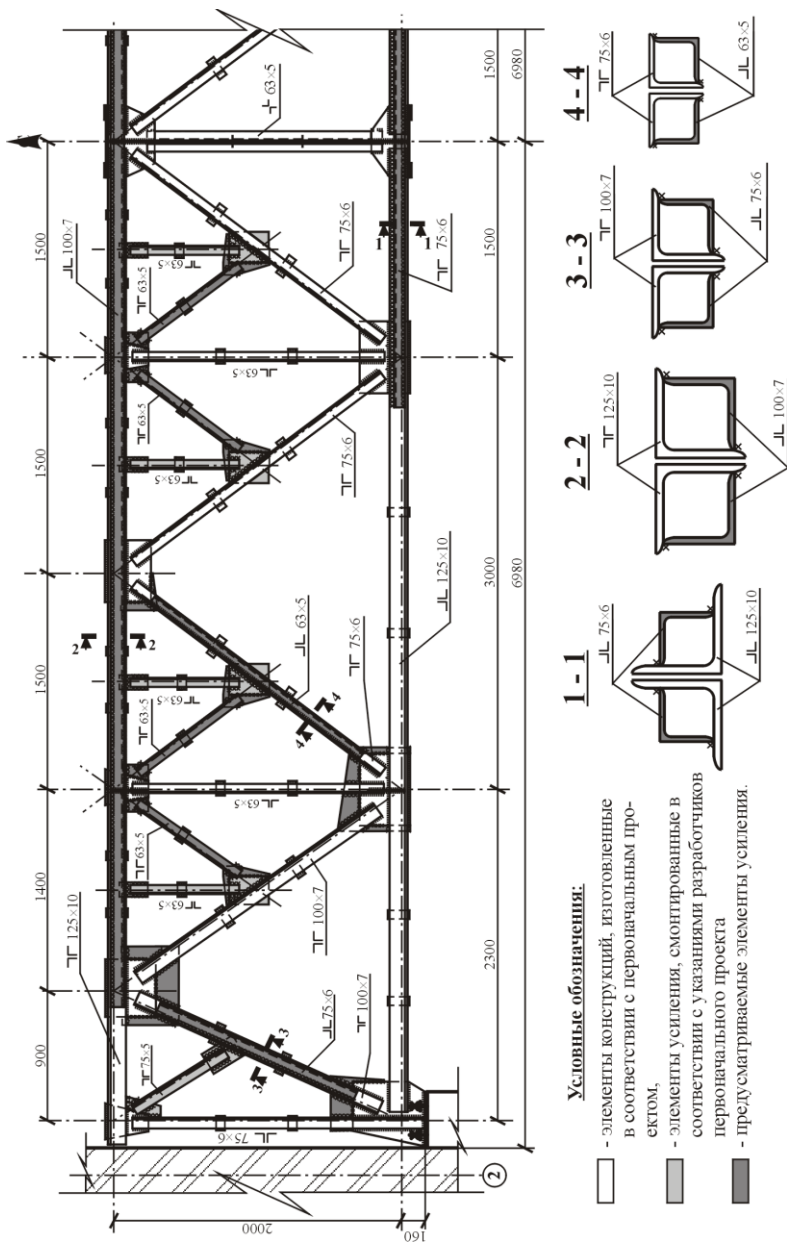


Рис. 4. Предложенный вариант усиления ферм

ния исключается движущийся участок шва, разогретый до температуры 550°C и более, находящийся в пластическом состоянии [4, 8].

Учитывая все вышесказанное, а также особенности конкретного напряженно-деформированного состояния конструкций, для данного объекта была разработана и применена методика комплексного усиления нагруженной системы ферм, предусматривающая последовательное усиление существующих соединений, введение дополнительных элементов и усиление сечений основных стержней с временным демонтажом прилегающих к конструкциям связей. Основные этапы примененной методики предусматривали нижеследующее.

Предварительно, в соответствии с фактическими размерами существующих элементов конструкций в каждом конкретном случае по месту уточнялись размеры деталей усиления и, в частности, размеры листов расширения фасонки, отличающихся сложной формой и переменными размерами (рис. 4). В местах крепления усиливающих элементов контактные поверхности тщательно очищались от загрязнений, старой краски, ржавчины и т.п.

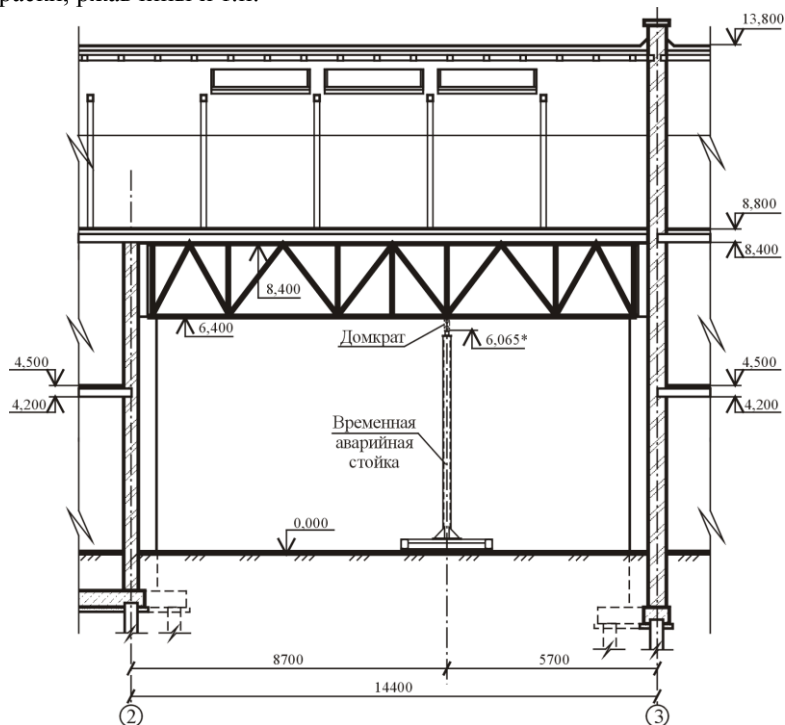


Рис. 5. Установка временных аварийных стоек



Рис. 6. База аварийной стойки



Рис. 7. Увеличение длины сварных швов



Рис. 8. Устройство подкосов шпренгелей

Под центральными узлами смежных усиливаемых ферм устанавливались аварийные стойки, по оголовкам которых обеспечивалось начальное поддомкрачивание (рис. 5). Конструкция баз аварийных стоек (рис. 6) предусматривала возможность передачи опорных усилий через фанерную прокладку непосредственно на пол первого этажа без его повреждения.

Устанавливались и закреплялись в проектном положении детали расширения листов фасонки ферм. Стыковые швы их крепления выполнялись последовательными участками длиной 40 мм за два прохода. Между отдельными проходами, а также между выполнениями каждого из участков шва обеспечивалось остывание наплавленного металла.

По расширенным фасонкам последовательно увеличивалась длина фланговых угловых швов крепления существующих раскосов ферм (рис. 7). Увеличение длины каждого шва выполнялось только после остывания предыдущего шва, расположенного у данного конца стержня фермы.

Затем осуществлялось монтаж элементов подкосов шпренгелей. Составляющие их уголки

последовательно закреплялись в проектном положении и первоначально приваривались по перу. После остывания выполненного шва осуществлялась сварка по обушке (рис. 8).

Последовательно у опор ферм устанавливались и закреплялись в проектном положении элементы усиления опорных раскосов. Осу-

ществлялась их прихватка сварными швами с катетами 4 мм и длиной 10...20 мм через каждые 300...500 мм. Непосредственное выполнение сварных швов осуществлялось от опор участками длиной 50 мм и катетами 4 мм по одной, и после остывания металла, по другой граням усиливающего элемента. Каждый последующий участок шва выполнялся после остывания металла со смещением по длине стержня на 400...500 мм, и так до достижения его середины. Затем последовательно, чередуя сварку с остыванием, продлевались на 50 мм уже выполненные участки сварного шва. Операция повторялась вплоть до образования сплошного соединения по длине стержня. Аналогично усиливались оставшиеся раскосы фермы.

На следующем этапе по внешним сторонам усиливаемой пары ферм временно монтировались аварийные связи и демонтировались существующие вертикальные связи, препятствующие усилению поясов ферм (рис. 9).

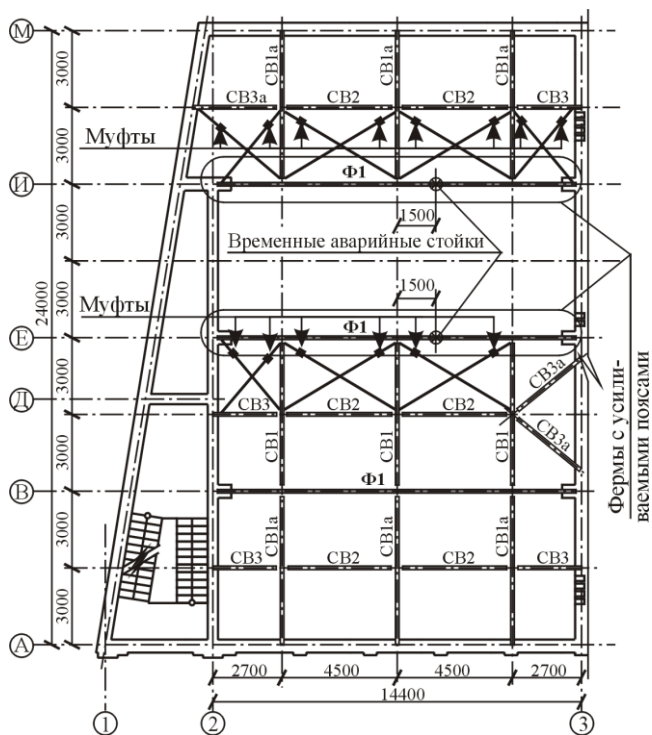


Рис. 9. Монтаж аварийных связей и временный демонтаж примыкающих вертикальных связей

Со стороны демонтированных связей устанавливались в проектное положение элементы усиления сначала нижнего, а затем и верхнего поясов ферм. Их приварка осуществлялась аналогично элементам усиления раскосов.

После усиления поясов со стороны демонтированных вертикальных связей, последние восстанавливались. Аварийные связи и стойки переносились на шаг ферм, а затем демонтировались смежные вертикальные связи и осуществлялось усиление поясов по второй грани ферм.

Описанные операции усиления ферм последовательно повторялись в каждом шаге системы перекрытия. По окончании работ аварийные стойки и связи были удалены.

Описанная методика прошла апробацию и отработку на практике в 2010 году при комплексном усилении системы ферм перекрытия, находящихся в напряженном состоянии близком к предельно-допустимому, и при соответствующей адаптации может найти применение при решении аналогичных задач.

Литература

1. ВСН 58-88 Госкомархитектуры. Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обследования жилых зданий, объектов коммунального хозяйства и социально-культурного назначения.

2. Методичні рекомендації з питань обстежень деяких частин будівель (споруд) та їх конструкції / Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. — Київ: Держбуд України, 1999.

3. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам. — М.: ЦНИИПромзданий, 1989.

4. Сахновский М.М. Металлические конструкции (техническая эксплуатация). — Київ: Будівельник, 1976.

5. Бельский М.Р., Лебедев А.Н. Усиление стальных конструкций. — Київ: Будівельник, 1981.

6. Хило Е.Р., Попович Б.С. Усиление строительных конструкций. — Львов: Высшая школа, 1985.

7. Руководство по усилению элементов конструкций с применением сварки. — М.: ЦНИИПСК, 1979.

8. Кикин А.И., Васильев А.А., Кошутин Б.Н. Повышение долговечности конструкций промышленных зданий. — М.: Госстройиздат, 1969.