

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2024, Том 16, № 2 / 2024, Vol. 16, Iss. 2 <https://esj.today/issue-2-2024.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/26SAVN224.pdf>

2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Малышкин, А. П. Опыт обеспечения устойчивости покрытия производственного здания к прогрессирующему обрушению / А. П. Малышкин, А. В. Есипов, М. А. Есипов // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/26SAVN224.pdf>

For citation:

Malyshkin A.P., Esipov A.V., Esipov M.A. Experience of ensuring the resistance of the coating of the industrial building to progressive collapse. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024; 16(2): 26SAVN224. Available at: <https://esj.today/PDF/26SAVN224.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 624.04:624.014; 69.01

Малышкин Александр Петрович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: a.petrovich.m@yandex.ru

Есипов Андрей Владимирович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

Доцент

E-mail: sibstroy.2012@yandex.ru

Есипов Михаил Андреевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

E-mail: sibstroy.2012@yandex.ru

Опыт обеспечения устойчивости покрытия производственного здания к прогрессирующему обрушению

Аннотация. Целью проведенных исследований являлся анализ возможности обеспечения устойчивости покрытий производственных зданий с металлическим каркасом к прогрессирующему обрушению (ПО) за счет включения в работу второстепенных элементов покрытия, например прогонов. Исследования направлены на анализ исходного классического проектного решения усиления каркаса с целью обеспечения его устойчивости к ПО и сравнении с предлагаемым способом оценки несущей способности покрытия. Критерием оценки может служить не только соблюдение или несоблюдение нормативных требований для устойчивости здания к ПО, но и оценка материалоемкости предлагаемых технических решений. В результате проведения детального обследования технического состояния несущих конструкций каркаса здания в целом и покрытия в частности выявлено большое количество ошибок, допущенных на этапе разработки проекта реконструкции здания. Ошибки можно классифицировать как ошибки сбора исходной информации, исследования физико-механических характеристик материалов, построения цифровой расчетной модели здания, задания жесткостных характеристик элементов, задания нагрузок, несоблюдения нормативных требований расчета устойчивости к ПО. При рассмотрении работы и оценки устойчивости шатра покрытия здания к ПО без учета предложенного проектом дополнительного усиления в случае отказа элементов стропильных ферм, выяснилось, что прогоны покрытия способны нести нагрузку при отказе

одной из рядовых стропильных ферм и перераспределении ее на соседние фермы покрытия. В этом случае живучесть покрытия здания зависит от предельной прочности прогонов, рассчитанных в момент предшествующий их разрушению. Расчет по методу предельного равновесия позволил вскрыть резервы прочности прогонов покрытия. Предложенное решение позволило получить экономический эффект в 83 % по отношению к исходному проектному решению.

Ключевые слова: обследование металлических конструкций; устойчивость к прогрессирующему обрушению; живучесть; расчет методом предельного равновесия; материалоемкость

Введение

При выполнении работ по обследованию стального каркаса реконструируемого здания производственного назначения возникла необходимость проведения анализа имеющихся проектных решений по реконструкции объекта и разработки альтернативного способа обеспечения устойчивости шатра покрытия к ПО.

Сомнение в правильности принятых проектных решений по устойчивости здания к ПО была вызвана их высокой материалоемкостью.

Следует отметить, что обеспечение устойчивости к ПО металлических каркасов пролетных сооружений является сложной инженерной задачей и, как правило, всегда затратной с точки зрения расхода материалов [1–15].

Целями исследовательской части работы являлись:

- совершенствование и оптимизация конструктивной схемы здания с анализом возможности экономии расхода металла путем предложения иных подходов для обеспечения устойчивости покрытия к ПО;
- выявление наиболее ответственных узлов и несущих конструкций здания для мониторинга их технического состояния в период эксплуатации объекта;
- выполнение расчетов несущих конструкций каркаса с учетом альтернативного способа обеспечения устойчивости покрытия к ПО, основанном на включении в работу второстепенных элементов здания.

Производственный корпус представляет собой одноэтажное, каркасное, трехпролетное неотапливаемое здание, оборудованное грузоподъемными механизмами.

Пространственная жесткость здания в поперечном направлении обеспечена жестким сопряжением колонн в фундаментах, в продольном направлении обеспечена системой вертикальных связей и подкрановых балок по колоннам, вертикальных и горизонтальных связей по стропильным фермам.

Общие габариты здания в плане составляют 79×264 м. Пролет А-Г представляет собой металлический каркас, габарит в плане 18×264 м, высота до нижнего пояса стропильных ферм 7,2 м. Пролеты Д-Л и Л-С представляют собой металлический каркас, габарит в плане 30×264 м для каждого пролета. Высота до нижнего пояса стропильных ферм в осях 1-19 составляет 14,6 м, в осях 19-45 составляет 20,25 м (рис. 1).

Фундаменты здания свайные с монолитными железобетонными ростверками под колонну из бетона класса В15, сечение свай 350×350 мм, длина свай 12 м.

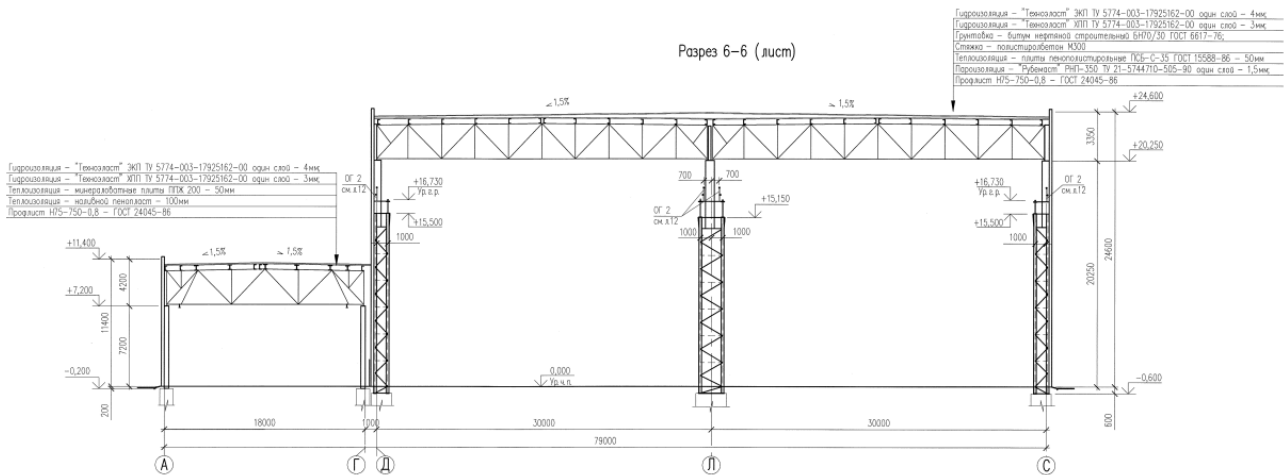


Рисунок 1. Схема несущих конструкций здания.

Колонны металлические:

- в пролете А-Г одноветвевые из прокатных двутавров, с шагом 6 м;
- в пролетах Д-Л, Л-С ступенчатые, подкрановая часть двухветвевая из прокатных двутавров, соединенных между собой связями, шаг колонн 12 м.

Подкрановые балки разрезные, металлические, сварные, двутаврового сечения, с тормозными конструкциями:

- ряды Д, С в осях 1-19, ряд Л в осях 1-45 длиной 12 м;
- ряды Д, С в осях 19-45 длиной 6 м.

Стропильные фермы — металлические, изготовлены из прокатных профилей, пролетом 18 м в осях А-Г и пролетом 30 м в осях Д-Л-С, расположенные с шагом 6 м.

Покрытие выполнено из многослойных панелей с утеплителем из плит повышенной жесткости, установленным по прогонам. Наружное стеновое ограждение — сборные панели из ячеистого бетона толщиной 250 мм.

Согласно проектным решениям, направленным на обеспечение устойчивости здания к ПО в несущих конструкциях каркаса выполнено усиление отдельных элементов покрытия:

- Усиление опорных раскосов стропильных ферм пролетом 30 м в осях Д-С, 2-18, 20-44. Дополнительно к имеющемуся сечению опорного раскоса из 2 уг. 110×8 площадью поперечного сечения 34,4 см² приварены 2 уг. 100×12 площадью поперечного сечения 44,16 см². Увеличение площади поперечного сечения опорного раскоса выполнено на 128 %.
- Усиление раскосов и пояса подстропильной фермы по оси Л, в осях 17-19 (аналогично рис. 3). Дополнительно к имеющимся сечениям раскосов и поясов из 2 уг. 180×12 площадью поперечного сечения 84,38 см² приварены 2 уг. 100×12 площадью поперечного сечения 44,16 см². Увеличение площади поперечного сечения раскосов и пояса выполнено на 52 %.
- Усиление верхнего пояса и элементов раскосной решетки стропильных ферм пролетом 30 м по оси 18, между осях Д-С (аналогично рис. 3). Дополнительно к имеющемуся сечению опорного раскоса из 2 уг. 75×6 площадью поперечного сечения 17,56 см² приварены 2 уг. 75×6. Увеличение площади поперечного сечения верхнего пояса и элементов раскосной решетки выполнено на 100 %.

- Усиление элементов верхнего пояса стропильных ферм в осях А-Г, 2-18, 20-44 (аналогично рис. 3). Дополнительно к имеющемуся сечению верхнего пояса из 2 уг. 140×9 площадью поперечного сечения 49,4 см² приварены 2 уг. 80×8 площадью поперечного сечения 24,6 см². Увеличение площади поперечного сечения верхнего пояса и элементов раскосной решетки выполнено на 50 %.
- Усиление прогонов в осях 18-19, Д-С и в осях 1-45 по оси В. Дополнительно к имеющемуся сечению прогонов из 2 шв. 22 площадью поперечного сечения 53,4 см² приварены 2 гн. уг. 100×5 площадью поперечного сечения 19,1 см² и гн. шв. 200×100×5 площадью поперечного сечения 18,88 см². Увеличение площади поперечного сечения прогонов выполнено на 71 %.

Для обеспечения устойчивости здания к ПО, исходной проектной документацией был предусмотрен демонтаж существующих распорок и связей в осях 1-45, Е-К, М-Р, а также устройство вертикальных связевых ферм из 2 уг. 140×9 в продольном блоку направлении, с примыканием через фасонки к поясам существующих стропильных ферм (рис. 2).

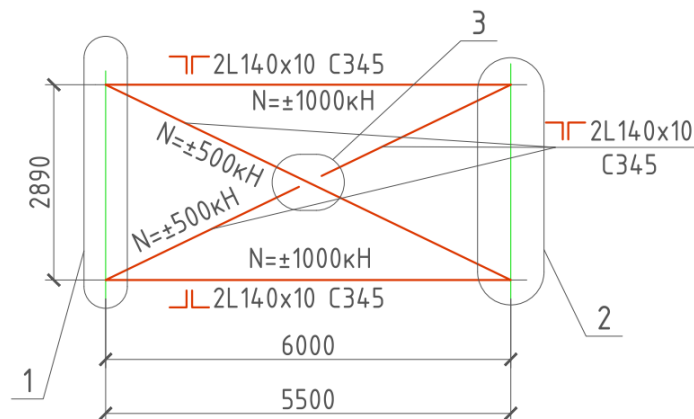


Рисунок 2. Устройство вертикальных связевых ферм.

В проекте реконструкции с точки зрения авторов были допущены следующие ошибки:

1. Не выполнен отбор образцов и не определена марка стали прогонов.
2. Не определена конструкция узлов опирания прогонов на стропильные фермы покрытия.
3. Не предусмотрено устройство горизонтальных поперечных связевых ферм в уровне верхнего пояса стропильных ферм согласно п. 15.4.6 СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции».
4. Согласно исходному проекту реконструкции, расстояние между пересечениями осей элементов связевых ферм и центром тяжести сечения пояса (рис. 3), выполненного из тавра 17,5 ШТ1 ($z_0 = 32$ мм) составляет 98 мм, что недопустимо, поскольку приводит к появлению деформаций кручения пояса, неучтенного расчетной схемой.
5. Предложенное техническое решение по устройству продольных вертикальных связевых ферм (рис. 3) недопустимо, ввиду устройства сварных швов поперек действующих растягивающих усилий в нижних поясах стропильных ферм, вызывающих местные растягивающие напряжения п. 13.1 СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции», величина которых не поддается оценке:
 - расчетное сопротивление стали поясов ферм на расслоение в направлении толщины проката, отчетом обследования не установлено;

- отсутствуют технические решения по обеспечению устойчивости покрытия к ПО при разрушении торцевых и крайних колонн согласно требованиям п. 4.5.2 СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения».

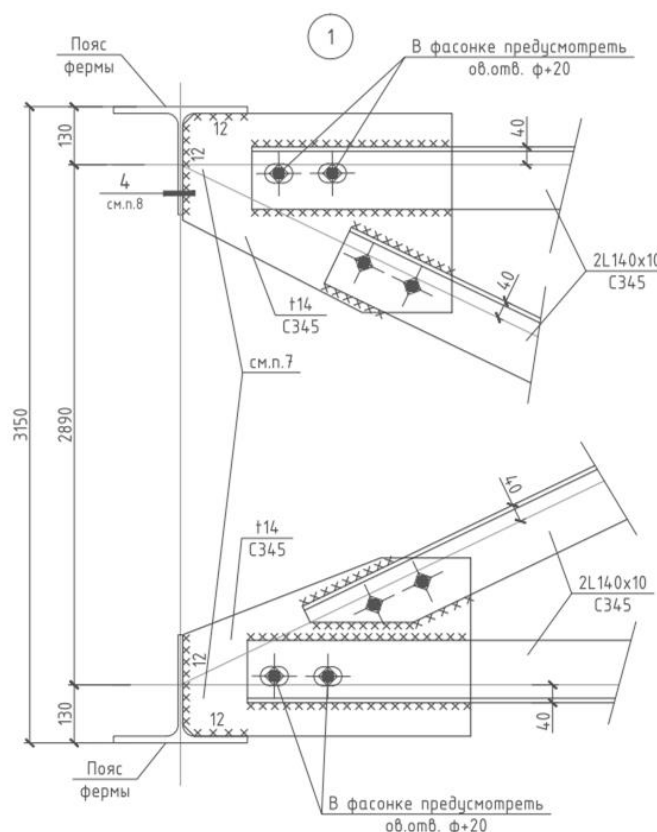


Рисунок 3. Примыкание вертикальных связевых ферм к стропильным фермам

Дополнительная металлоемкость усиления каркаса здания для устойчивости к ПО в соответствии с предоставленными проектными решениями составила 450,73 т или 21,9 кг/м².

При этом, следует отметить, что указанная металлоемкость некорректна и будет увеличена, поскольку дополнительных элементов усиления для обеспечения устойчивости здания к ПО по предложенному сценарию недостаточно.

Конструктивная система не учитывает всех расчетных сценариев согласно п. 4.5.2 СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения» и соответственно при учете этих сценариев дополнительная металлоемкость каркаса возрастет.

1. Постановка и решение задачи

Рассмотрим работу и оценим устойчивость шатра покрытия здания к ПО без учета предложенного проектом дополнительного усиления в случае отказа отдельных элементов стропильных ферм.

Предположим, что прогоны покрытия способны нести нагрузку при отказе одной из рядовых стропильных ферм [16] и перераспределить ее на соседние фермы покрытия. При этом, учитывать влияние деформаций грунтового основания и осадок фундаментов, несомненно оказывающих существенное влияние на напряженно-деформированное состояние каркаса здания в целом [17; 18] для чистоты эксперимента не будем.

В этом случае живучесть [19–25] покрытия здания будет зависеть от предельной прочности прогонов, рассчитанных в момент предшествующий их разрушению. Расчет по методу предельного равновесия позволяет вскрыть резервы прочности второстепенных конструкций за счет учета пластических и других неупругих свойств материалов что может привести к экономии стали.

Оценим прочность прогонов по методу предельного равновесия. При разрушении элементов фермы (выключении ее из работы каркаса) прогоны будут выполнять функцию несущих конструкций, при надежном закреплении друг к другу, воспринимая нагрузку от покрытия, временную нагрузку и собственный вес отказавшей фермы (рис. 4).

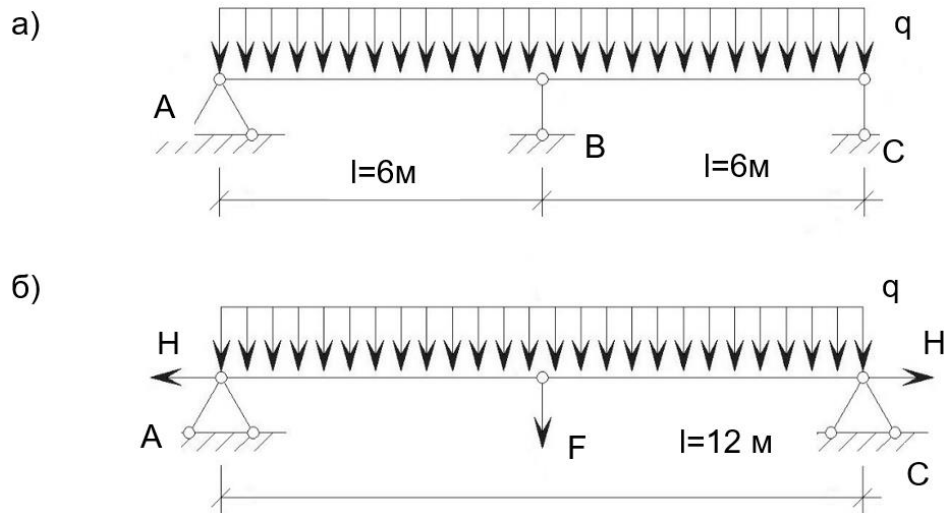


Рисунок 4. Расчетные схемы балки покрытия:

(а) при нормальных условиях эксплуатации, (б) при разрушении фермы

Существующие прогоны устроены по разрезной схеме (рис. 4 а) и при возникновении аварийной ситуации образуется механизм, приводящий к обрушению отказавшей фермы и опирающихся на нее прогонов.

Для превращения прогонов в неразрезную конструкцию (рис. 4 б) необходимо предусмотреть усиление узлов опирания прогонов на стропильные фермы.

Рассчитаем предельную нагрузку на прогоны согласно теории предельного равновесия. Расчетная схема прогона представлена на рисунке 5.

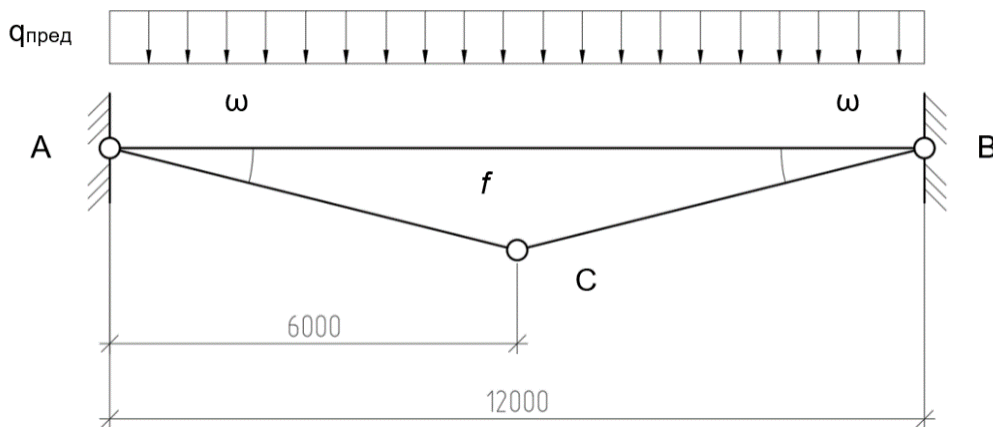


Рисунок 5. Расчетная схема кинематической системы.

Предельное равновесие достигается при равенстве внешних и внутренних работ системы:

$$A_{\text{внеш}} = A_{\text{внутр}}, \quad (1)$$

Зададимся положением пластического шарнира в середине пролета, тогда внешняя работа нагрузки будет равна:

$$A_{\text{внеш}} = q_{\text{пред}} \cdot S_{\text{тр}}, \quad (2)$$

где $q_{\text{пред}}$ — предельная нагрузка на систему; $S_{\text{тр}}$ — площадь треугольника ACB, равная $\frac{1}{2} fl$; f — предельная деформация системы.

Внутренняя работа момента на угловом перемещении ω :

$$A_{\text{внутр}} = M_{\text{пл}} (\omega + \omega), \quad (3)$$

где $M_{\text{пл}}$ — пластический момент.

При малых углах поворота справедливо выражение:

$$\omega = \frac{f}{1/2l} = \frac{2f}{l}, \quad (4)$$

Суммируя вышеизложенное:

$$q_{\text{пред}} \cdot \frac{1}{2} fl = M_{\text{пл}} \cdot 2\omega. \quad (5)$$

$$q_{\text{пред}} = \frac{4M_{\text{пл}} \cdot \omega \cdot 2}{fl} = \frac{4M_{\text{пл}} \omega}{fl}. \quad (6)$$

$$q_{\text{пред}} = \frac{4M_{\text{пл}} \cdot f \cdot 2}{l^2 \cdot f} = \frac{8M_{\text{пл}}}{l^2}. \quad (7)$$

При расчетах на прогрессирующее обрушение допускается принимать R_y равным R_{yn} , с учетом коэффициента условий работы $\gamma_c = 1,1$.

Пластический момент сопротивления для швеллеров:

$$W_{\text{пл}} = 2 \cdot S_x. \quad (8)$$

Соответственно, значение пластического момента будет равно:

$$M_{\text{пл}} = W_{\text{пл}} \cdot R_{yn} \cdot \gamma_c = 2 \cdot S_x \cdot R_{yn} \cdot \gamma_c = 2 \cdot 111 \cdot 33,5 \cdot 1,1 = 8180,7 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

Предельная нагрузка на прогон составит:

$$q_{\text{пред}} = \frac{8M_{\text{пл}}}{l^2} = \frac{8 \cdot 8180,7}{1200^2} = 0,0454 \frac{\text{кН}}{\text{см}} = 4,54 \frac{\text{кН}}{\text{м}}. \quad (9)$$

Пониженное значение нагрузки на прогон от собственного веса:

$$q_{\text{св}} = 36,1 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^2} \cdot 3 \text{ м} = 108,3 \frac{\text{кГ}}{\text{м}} = 1,05 \frac{\text{кН}}{\text{м}}. \quad (10)$$

Пониженное значение снеговой нагрузки:

$$q_{\text{снег}} = 150 \frac{\text{кГ}}{\text{м}^2} \cdot 3 \text{ м} \cdot 0,5 = 2,2 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \quad (11)$$

При собственном весе фермы, согласно расчетным данным, равном $F = 37,4 \text{ кН}$, погонная нагрузка на прогоны при выключении стропильной фермы из работы составит:

$$q_{\text{ф}} = \frac{F}{l} = \frac{38}{30} = 1,16 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

$$q_{\text{пред}} \geq q_{\text{св}} + q_{\text{снег}} + q_{\text{ф}}.$$
$$q_{\text{пред}} = 4,54 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \geq 1,05 + 2,2 + 1,16 = 4,41 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Таким образом, условие прочности прогонов по нормальным напряжениям по теории предельного равновесия выполняется с запасом 3 % и такой вариант обеспечения устойчивости шатра покрытия к ПО в случае отказа любого элемента стропильной фермы технически возможен и экономически целесообразен в случае усиления узлов сопряжения прогонов с фермами и друг с другом путем увеличения общей длины сварных швов.

2. Результаты и обсуждение

Дополнительная металлоемкость усиления каркаса здания для устойчивости к ПО по предложенной выше схеме составила 66,46 т или 3,22 кг/м².

Экономия стали по отношению к первоначальному проектному решению, не обеспечивающему в свою очередь в полной мере устойчивость здания к ПО, составила 384,27 т, что составило 83 %.

Выводы

Принятые на основании некорректного расчета проектные решения по обеспечению устойчивости здания к ПО приводят, в свою очередь, к необоснованному увеличению металлоемкости каркаса, не обеспечивая при этом в полной мере требования СП 385.1325800.2018 «Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения».

При этом, учет не только пространственной работы каркаса, но и включение в работу второстепенных вспомогательных конструкций (прогонов покрытия) позволяет, практически без дополнительного расхода материалов обеспечить устойчивость каркаса здания к ПО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алмазов, В.О. Проблемы сопротивления зданий / В.О. Алмазов, А.И. Плотников, Б.С. Расторгуев // ВЕСТНИК МГСУ: сб. статей. — Москва, 2011. — С. 15–20.
2. Алмазов, В.О. Динамика прогрессирующего разрушения монолитных каркасов / В.О. Алмазов, Кхой Као Зуй. — М.: АСВ, 2013. — 128 с.
3. Бондаренко В.М. Концепция и направления развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений при силовых и средовых воздействиях / В.М. Бондаренко // Промышленное и гражданское строительство, — 2013. — № 2. — С. 28–31.
4. Грачев В.Ю. Непропорциональное разрушение. Сравнение методов расчета. / В.Ю. Грачев, Т.А. Вершина, А.А. Пузаткин. — Екатеринбург: Ажур, 2010. — с. 81.
5. Перельмутер, А.В. О расчетах сооружений на прогрессирующее обрушение / А.В. Перельмутер // Вестник МГСУ: сб. статей. — Москва, 2008. — С. 119–128.

6. Теличенко В.И., Ройтман В.М. Обеспечение стойкости зданий и сооружений при комбинированных особых воздействиях с участием пожара — базовый элемент системы комплексной безопасности. / Предотвращение аварий зданий и сооружений. — 2010. — 17 с.
7. Тамразян, А.Г. Особенности влияния времени локального повреждения [Текст] / А.Г. Тамразян, А. Мехрализадех // Вестник гражданских инженеров: сб. статей. — Москва, 2013. — С. 42–46.
8. Bao Y. Macromodel-based simulation of progressive collapse: reinforced concrete frame structures/ Yihai Bao, Sashi K. Kunnath, Sherif El-Tawil, Hai S. Lew // Journal of Structural Engineering. — 2008. — Т. 134. — № 7. — С. 1079–1091.
9. Lew H.S. An Experimental and Computational Study of Reinforced Concrete Assemblies under a Column Removal Scenario / H.S. Lew, Bao Yihai, Sadek Fahim, Joseph A. Main, Santiago Pujol, Mete A. Sozen. // Boulder: Natl. Inst. Stand. Technol. Tech. Note 1720, — 2011 — URL: https://www.researchgate.net/publication/281627602_An_Experimental_and_Computational_Study_of_Reinforced_Concrete_Assemblies_under_a_Column_Removal_Scenario.
10. Mosalam K.M. Modeling Progressive Collapse in Reinforced Concrete Framed Structures. / Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering // Beijing (CN), — 2008 — URL: <https://invenio.itam.cas.cz/record/11064>.
11. Improving collapse-resistance performance of steel frame with openings in beam web / V. Meng, J. Hao, W. Zhong, Z. Tan, S. Duan // Structures. Elsevier, 2020. — Т. 27 — С. 2156–2169.
12. Малышкин А.П., Есипов А.В. Опыт проектирования большепролетного покрытия с учетом недопущения прогрессирующего обрушения. // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2014. — № 38(57). — С. 40–48.
13. Алексеева А.А., Есипов А.В. Анализ строительных норм для проектирования большепролетных зданий с учетом недопущения прогрессирующего обрушения. / В сборнике: Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых учёных и специалистов. Отв. ред. А.Н. Халин. — 2018. — С. 48–52.
14. Волощук Д.А., Есипов А.В. Нормативные требования при проектировании высотных зданий с учетом соблюдения требований прогрессирующего обрушения. / В сборнике: Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых учёных и специалистов. Отв. ред. А.Н. Халин. 2018. — С. 78–81.
15. Айдемиров К.Р. Состояние проблемы прогрессирующего разрушения зданий и сооружений, классификация задач и подходы к их решению // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки, 2010. — 13 с.
16. Есипов А.В., Алексеева А.А. Расчет прогонов с учетом недопущения прогрессирующего обрушения шатра покрытия здания со стальным каркасом. // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. — 2018. — № 4(39). — С. 89–93.

17. Зайнулабидова Х.Р. Оценка сейсмостойкости многоэтажных зданий при сейсмических воздействиях на слабых просадочных грунтах // *Construction and Geotechnics*, — 2022. — № 1. — С. 44–57.
18. Пяткин П.А., Скибин Е.Г. Учет влияния деформаций от подработки территории на напряженно-деформированное состояние конструкции зданий // *Construction and Geotechnics*, — 2021. — № 3. — С. 53–62.
19. Кудишин Ю.И., Дробот Д.Ю. К вопросу о живучести строительных конструкций // *Строительная механика и расчет сооружений*, — 2008. — № 2(217). — С. 36 — 43.
20. Травуш В.И. Некоторые направления развития теории живучести конструктивных систем зданий и сооружений / В.И. Травуш // *Промышленное и гражданское строительство*, — 2015. — № 3. — С. 4–9.
21. Травуш В.И., Федорова Н.В. Расчет параметра живучести рамно-стержневых конструктивных систем // *Научный журнал строительства и архитектуры*. — 2017. — № 1(45). — С. 21–28.
22. Кудишин Ю.И., Дробот Д.Ю. Живучесть строительных конструкций — важный фактор снижения потерь в условиях аварийных ситуаций. // *Металлические конструкции*. — 2009. — Т. 15. — № 1. — С. 59–71.
23. Назаров Ю.П., Городецкий А.С., Симбиркин В.Н. К проблеме обеспечения живучести строительных конструкций при аварийных воздействиях. // *Строительная механика и расчет сооружений*. — 2009. — № 4. — С.5–9.
24. Кудишин, Ю.И. Живучесть строительных конструкций — важный фактор снижения потерь в условиях аварийных ситуаций / Ю.И. Кудишин // *Металлические конструкции*. — 2009 — № 1. — С. 60–70.
25. Тамразян А.Г. Ресурс живучести — основной критерий высотных зданий / А.Г. Тамразян // *Жилищное строительство*. — 2010. — № 1. — С. 15–18.

Malyshkin Aleksandr Petrovich

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: a.petrovich.m@yandex.ru

Esipov Andrei Vladimirovich

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: sibstroy.2012@yandex.ru

Esipov Mihail Andreevich

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: sibstroy.2012@yandex.ru

Experience of ensuring the resistance of the coating of the industrial building to progressive collapse

Abstract. The purpose of the research was to analyze the possibility of ensuring the stability of the coatings of industrial buildings with a metal frame to progressive collapse (PC) by including secondary coating elements, such as girders, in the work. The research is aimed at analyzing the original classical design solution for reinforcing the carcass in order to ensure its resistance to software and comparing it with the proposed method for assessing the bearing capacity of the coating. The assessment criterion can be not only compliance or non-compliance with regulatory requirements for the building's resistance to software, but also an assessment of the material consumption of the proposed technical solutions. As a result of a detailed survey of the technical condition of the supporting structures of the building frame in general and the coating in particular, a large number of errors were identified that were made at the stage of developing the building reconstruction project. Errors can be classified as errors in collecting initial information, studying the physical and mechanical characteristics of materials, building a digital calculation model of a building, setting the stiffness characteristics of elements, setting loads, non-compliance with regulatory requirements for calculating software resistance. When considering the work and assessing the resistance of the roof tent of the building to software without taking into account the additional reinforcement proposed by the project in the event of failure of the roof truss elements, it turned out that the roof girders are able to bear the load if one of the ordinary roof trusses fails and redistributes it to neighboring roof trusses. In this case, the survivability of the building cover depends on the ultimate strength of the girders, calculated at the moment preceding their destruction. The calculation by the method of limit equilibrium made it possible to reveal the strength reserves of the coating runs. The proposed solution made it possible to obtain an economic effect of 83 % in relation to the original design solution.

Keywords: inspection of metal structures; resistance to progressive collapse; survivability; calculation by the limit equilibrium method; material consumption