

Технология и организация строительства

УДК 69.051

© Р. В. Мотылев, канд. техн. наук, доцент
© Ч. О. Бахтинова, канд. техн. наук, доцент
© Ю. И. Тилинин, канд. техн. наук, доцент
© С. А. Бахтинов, старший преподаватель
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: motylev@yandex.ru, bahtinova.ch.o@gmail.com,
tilsp@inbox.ru, bahtinovsa80@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-4-60-78

© R. V. Motylev, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© Ch. O. Bakhtinova, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© Yu. I. Tilin, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© S. A. Bakhtinov, senior teacher
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: motylev@yandex.ru, bahtinova.ch.o@gmail.com,
tilsp@inbox.ru, bahtinovsa80@mail.ru

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ЛЕСА КАК КОМБИНИРОВАННЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ЭКРАНЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

SCAFFOLDS AS COMBINED PROTECTIVE SCREENS AT ORGANIZATION OF MULTI-STOREY BUILDINGS` CONSTRUCTION

Целью описываемой исследовательской работы является определение возможности использования строительных лесов в качестве комбинированных защитных экранов при возведении многоэтажных зданий. По результатам моделирования работы комбинированных защитных экранов при выполнении строительно-монтажных работ в условиях, при которых на конструкции действуют одновременно несколько видов нагрузок (постоянная, временная и особая), установлено, что использование строительных лесов типа ЛСПШ (леса стоечные приставные штыревые) по ГОСТ 27321–2018 допускается с рядом ограничений, затрагивающих минимально допустимую площадь поперечного сечения элементов, крепление узлов экрана к возводимой конструкции и соблюдение технологической последовательности производства работ.

Ключевые слова: строительные леса, защитный экран, строительно-монтажные работы, многоэтажные здания, безопасность организации строительства.

The purpose of the research work is to determine the possibility of using scaffolds as combined protective screens in the construction of multi-storey buildings. Based on the results of modeling the operation of combined protective screens during the implementation of construction and installation works in conditions under which several types of loads act simultaneously on the structure (constant, temporary and special loads), there has been found out that the use of scaffolds of the DTS type (demountable tubular scaffolds) according to GOST 27321–2018 is allowed with a number of restrictions affecting the minimum allowable cross-sectional area of the elements, fastening the screen assemblies to the structure erected and compliance with the technological sequence of work.

Keywords: scaffolds, protective screen, construction and installation work, multi-storey buildings, construction management safety.

Качественная организация строительства многоэтажных жилых домов приводит не только к сокращению срока строительства, но и к минимизации производственных издержек и улучшению качества готовой строительной продукции [4, 9].

Минимизация производственных издержек — это залог рационального использования дорогостоящих машин и механизмов, снижения затрат труда рабочих и потерь строительных материалов, конструкций и изделий [1, 2].

Процессы возведения многоэтажных зданий должны осуществляться в соответствии с требованиями безопасности труда в строительстве, охраны окружающей среды и др. требованиями. Одним из вспомогательных средств по соблюдению техники безопасности, охране труда и сохранению целостности строящегося современного объекта строительства являются строительные леса, используемые как комбинированные защитные экраны [3].

По результатам проведенных учеными НИУ МГСУ П. П. Олейником, В. В. Бродским исследований по проектированию и применению строительных лесов выделена классификация таких лесов:

- по способу установки: стоечные, навесные и подвесные;
- по способу фиксации несущих элементов: хомутовые, рамные, штыревые, клиновые и чашечные.

Ученые-исследователи установили, что наиболее массовое применение при возведении и реконструкции зданий (сооружений) получили стоечные хомутовые и штыревые леса из стального проката. Выбор строительных лесов, по мнению авторов, должен проводиться по техническим характеристикам и экономическим показателям, основными из которых являются максимальная высота рабочего уровня, допустимая нагрузка и приведенные затраты [6].

Использование строительных лесов как комбинированных защитных экранов при возведении многоэтажных зданий в современных условиях нашей страны является наиболее доступным и надежным способом производства строительно-монтажных работ, соответствующим требованиям безопасности труда в строительстве [3, 5, 7].

Наряду с востребованностью использования защитных экранов существует недостаток информации об их действительной работе при одновременном воздействии динамических ударных нагрузок (удар бады с бетоном) и ветрового давления [10–13], что является наиболее частой ситуацией их использования на строительной площадке.

Рассмотрим случай применения в качестве защитных экранов строительных лесов для анализа их работы. Область применения — много-

этажные здания прямоугольной в плане формы, высотой от шести до десяти этажей.

Рассматриваемая этажность зданий намеренно ограничивается десятью этажами, так как при увеличении этажности существенно возрастают ветровые воздействия, являющиеся определяющими при основном сочетании нагрузок, что требует значительного увеличения сечения используемых элементов.

Важно, что использование строительных лесов в качестве защитных экранов может быть целесообразным только при поэтапном возведении несущих конструкций зданий на высоту от одного до двух этажей. Данное ограничение, в первую очередь, связано со значительной деформативностью конструкций (ее незначительной жесткостью) и наличием больших консольных (незакрепленных) участков при возведении верхних этажей, что требует устройства дополнительных вертикальных и горизонтальных связевых ферм, которые будут обеспечивать перераспределение значительных узловых нагрузок.

Под поэтапным возведением понимается последовательная сборка и разборка конструкций после возведения предыдущего этажа. Использование лесов рекомендуется начинать после возведения несущих конструкций первого этажа. Технологически монтаж возведения защитных экранов состоит из двух этапов:

- I этап заключается в возведении нижнего яруса лесов высотой 3,0 м с креплением его стоек и распорок к конструкциям возведенного этажа. При этом стойки устанавливаются на консольные балки, зафиксированные к нижнему перекрытию, а распорки с помощью проушин через поперечины фиксируются к стальным крюкам, которые завинчиваются в расклинивающиеся или химические анкеры в уровне верхнего перекрытия. После этого проводится монтаж верхнего яруса строительных лесов высотой 2,0 или 3,0 м, при этом рекомендуется использовать ярусы высотой 2,0 м ввиду их меньшей деформативности. После установки второго яруса и устройства защитного ветрового ограждения (армированный полиэтилен, материалы на тканевой основе и т. п.) допускается приступать к возведению конструкций до уровня перекрытия вышележащего этажа (рис. 1, а);

• II этап заключается в монтаже третьего яруса строительных лесов высотой 3,0 м. Приступать к монтажу третьего яруса допускается только после возведения несущих конструкций этажа в рамках монтажного горизонта на высоту 2,0 м и более и после набора бетоном 70 % от проектной прочности. Далее осуществляется крепление второго яруса лесов к вновь возведенным конструкциям здания с помощью проушин, фиксируемых через поперечины к стальным крюкам, которые завинчиваются в расклинивающие или химические анкеры. Только после выполнения всех технологических операций проводится установка третьего яруса лесов высотой 3,0 м и устройство защитного ветрового ограждения (рис. 1, б). Далее выполняются работы по устройству конструкций перекрытия.

После выполнения полного цикла работ по возведению несущих конструкций на рабочем горизонте, приступают к демонтажу защитных экранов и их повторной установке на этаже выше. При этом демонтаж конструкций лесов рекомендуется проводить сверху вниз.

В качестве исходных конструкций применяются инвентарные сборно-разборные леса многоэтажного использования по ГОСТ 27321–2018 типа ЛСПШ (леса стоечные приставные штыревые). Высота ярусов 2–3 м (не менее 2,0 м). Шаг стоек вдоль здания — 2 м, ширина — 1,5 м.

Защитный экран монтируется из стержневого трубчатого сортамента по ГОСТ 10704–91: стойки и распорки из труб $\varnothing 57 \times 3,5$; связевые элементы — трубы $\varnothing 48 \times 3$. Крепление элементов лесов (распорок и горизонтальных связей) осуществляется к стойкам с помощью наваренных штырей, вставляемых в патрубки. Стойки, в свою очередь, наращиваются по методу «труба в трубу». Опорные части стоек устанавливаются в стальные «башмаки». Вертикальные связевые элементы крепятся к стойкам или распоркам с помощью поворотных хомутов. Данная конструкция является универсальной и может применяться для зданий различной конфигурации в плане.

В целом, монтаж экранов может проводиться по периметру возводимого здания (при его незначительных размерах) или в рамках бетони-

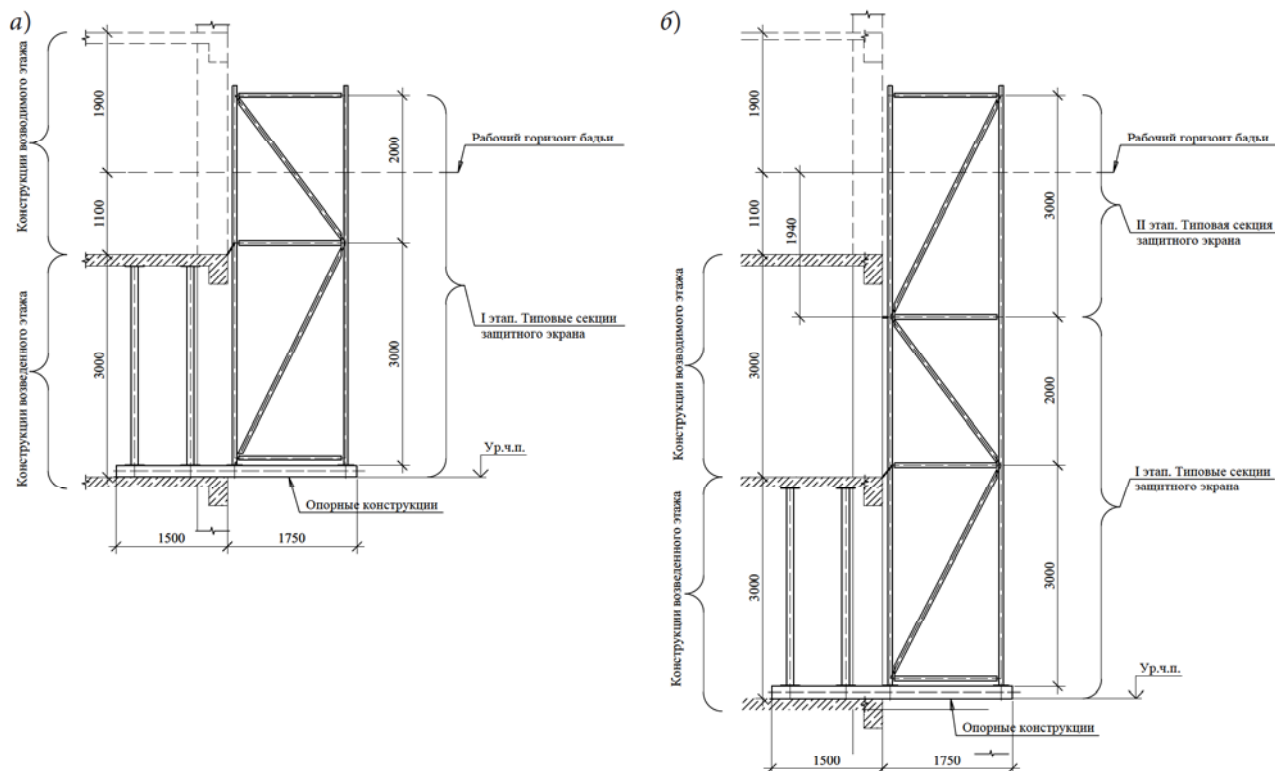


Рис. 1. Конструкция защитных экранов: а — нижнего яруса (I этап); б — верхнего яруса (II этап)

рования отдельной захватки (при значительных объемах бетонных работ на объекте).

В процессе эксплуатации защитный экран, помимо собственного веса, воспринимает нагрузку от ветрового давления (нормативную и пульсационную составляющую) и должен обеспечить безопасность строительно-монтажных работ в случае удара перемещаемого на крюке груза весом от 15 до 25 кН. То есть энергия удара транспортируемого груза должна гаситься защитным экраном за счет его деформации.

При выполнении бетонных работ транспортируемым грузом является бадья с бетонной смесью весом до 25 кН, при выполнении кладочных работ — поддон с кирпичом весом до 15 кН. Транспортирование грузов осуществляется башенными кранами на высоте до 1,5 м относительно монтажного горизонта. Скорость перемещения — 30–40 м/мин.

Ниже приводится поверочный расчет пространственной модели строительных лесов типа ЛСПШ, усиленных вертикальными и горизонтальными связевыми элементами. В расчетной модели рассматриваются две стадии сборки конструкции (соответствующие этапам их монтажа) для наиболее распространенных ветровых районов городов-миллионников (ветровые районы с I по IV).

Для того чтобы оценить перераспределение нагрузок между соседними рамами строительных лесов, рассматривается типовой блок экрана протяженностью 18,0 м, нагруженный максимальной ветровой нагрузкой и закрепленный к участку прямоугольного в плане здания. Нагрузка от удара транспортируемого груза будет прикладываться на одну из стоек блока.

Конструкции защитного экрана выполнены из наиболее распространенных и часто применяемых стержневых элементов.

Характеристики трубы $\varnothing 57 \times 3,5$: радиус инерции поперечного сечения относительно его главных осей $i_x = i_y = 1,896$ см; площадь поперечного сечения $A = 5,883$ см²; момент сопротивления сечения $W_x = W_y = 7,417$ см³; момент инерции сечения $I_x = I_y = 21,137$ см⁴.

Характеристики трубы $\varnothing 48 \times 3$: радиус инерции поперечного сечения относительно его главных осей $i_x = i_y = 1,595$ см; площадь поперечного сечения $A = 4,241$ см²; момент сопротивления се-

чения $W_x = W_y = 4,493$ см³; момент инерции сечения $I_x = I_y = 10,793$ см⁴.

Согласно ГОСТ 27321–2018, элементы экранов изготавливают из сталей 20 по ГОСТ 1050–2013, а также Ст3псб и Си3сп5 по ГОСТ 380–2015. Предел текучести применяемых сталей составляет $\sigma_T = 245$ Н/мм² (для стали 20 по ГОСТ 1050–2013), а также $\sigma_T = 245$ Н/мм² (для стали Ст2псб по ГОСТ 535–2005) и $\sigma_T = 255$ Н/мм² (для стали Ст3спб по ГОСТ 1050–2013). Ниже в расчетах будем применять значение предела текучести $\sigma_T = 245$ Н/мм².

Согласно СП 16.133303.2017 расчетное сопротивление материала определяется как $R_y = R_{yn}/\gamma_m$, где R_{yn} — нормативное сопротивление материала, соответствующее пределу текучести σ_T ; γ_m — коэффициент надежности по материалу, принимаемый 1,025 (при наличии контроля свойств проката). Таким образом, расчетное сопротивление применяемых сталей составляет $R_y = 245/1,025 = 239$ Н/мм² = 2436 кгс/см².

Модуль упругости стали $E = 2,06 \cdot 10^5$ Н/мм² = $2,1 \cdot 10^6$ кгс/см².

Собственный вес стальных труб $\varnothing 57 \times 3,5$: 45,3 Н/м (4,62 кг/м).

Собственный вес стальных труб $\varnothing 48 \times 3$: 32,7 Н/м (3,33 кг/м).

Ветровой район — с I по IV, с нормативным значением ветрового давления w_0 : 0,23 кН/м² (23 кгс/м²); 0,30 кН/м² (30 кгс/м²); 0,38 кН/м² (кгс/м²) и 0,48 кН/м² (48 кгс/м²) соответственно.

Тип местности В.

Высота экрана в верхней точке — не более 35 м.

Масса перемещаемого груза $m = 25$ кН (2500 кгс).

Скорость перемещения груза $v = 35$ (0,58) м/мин (м/с).

Высота перемещения груза — 1,1 м от рабочего горизонта. Удар груза происходит на высоте h 1,1 м и 1,94 м от точек закрепления защитного экрана к конструкциям здания (см. рис. 1, а, б).

Согласно СП 20.13330.2016 при учете особого нагружения от столкновения транспортных средств с конструкциями кратковременные нагрузки допускается не учитывать. Однако ветровые воздействия на легкие металлические конструкции экранов, монтируемых на значительной высоте, являются определяющими и мо-

гут привести к преждевременной потере устойчивости и несущей способности конструкций.

Полное значение ветровой нагрузки W определяется как сумма средней статической w_m и пульсационной w_p составляющих:

$$W = w_m + w_p. \quad (1)$$

Рассматривая случай ветрового воздействия на прямоугольное в плане здание и считая, что высота z конструкций экранов от уровня земли выше высоты здания h , определим эквивалентную высоту z_e сооружения: $z_e = h$.

Среднее значение ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k_{z(e)}. \quad (2)$$

Значение аэродинамического коэффициента c будем определять для всех участков прямоугольного в плане здания (рис. 3), принимая в запас участок, имеющий наибольшее значение.

Учет изменчивости ветрового давления по высоте (k_{ze}) принят по интерполяции для конструкции, верхняя точка которой расположена на высоте 35 м, и типа местности В.

Расчетные значения статической составляющей ветровой нагрузки для прямоугольного в плане здания представлены ниже (рис. 2, а-в). По оси абсцисс приведена высота здания, по оси ординат — значение ветрового давления (кгс/м²).

Так как собственный вес конструкций экрана незначителен, то первая частота собственных колебаний (f_1) будет превышать предельные значения. В таком случае выражение нормативного значения пульсационной составляющей имеет вид

$$w_p = w_m \zeta_{ze} v. \quad (3)$$

Значение коэффициента пульсации ζ_{ze} принимается по интерполяции для конструкции, верх-

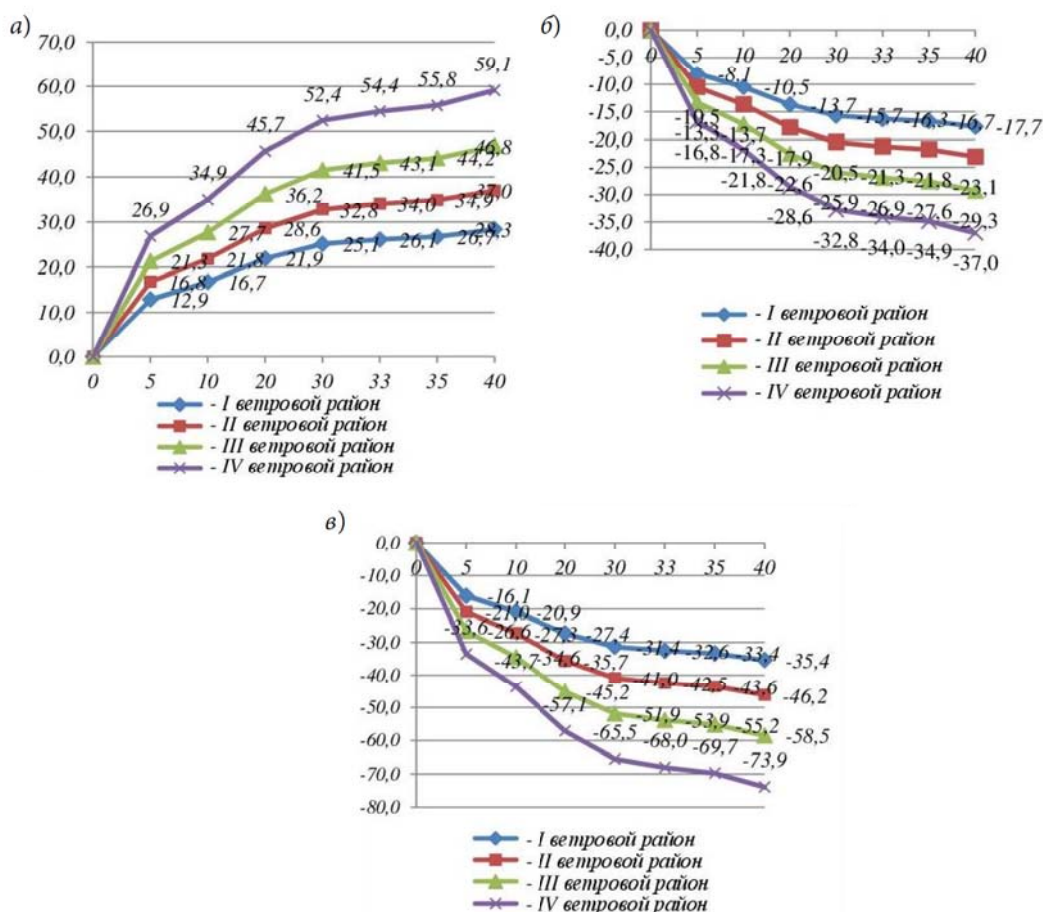


Рис. 2. Значения расчетной ветровой нагрузки: а — с наветренной стороны строящегося здания (при $c_e = 0,8$), w_m — статическая составляющая; б — с подветренной стороны строящегося здания (при $c_e = -0,5$); в — на боковую стену строящегося здания (при $c_e = -1,0$)

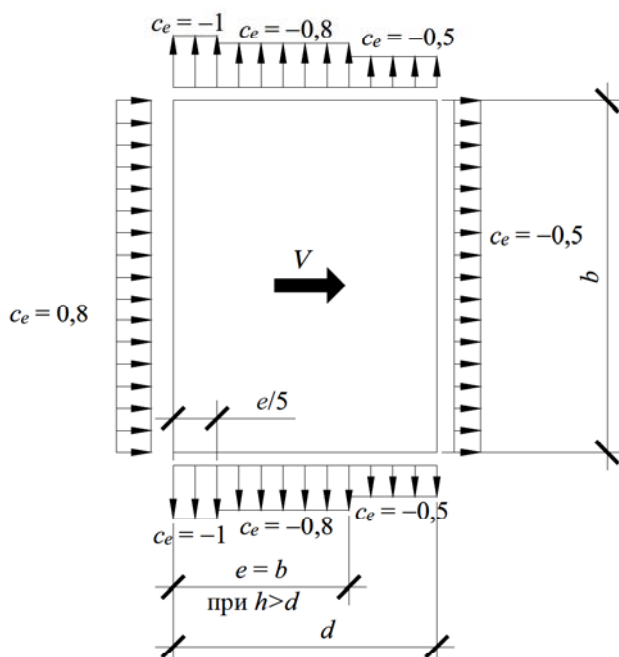


Рис. 3. Схема приложения ветровой нагрузки на здание при $h \geq d$

няя точка которой расположена на высоте 35 м, и типа местности В.

Коэффициент пространственной корреляции v определялся для сборного модуля с размерами в плане $18 \times 1,5$ м.

Расчетные значения пульсационной составляющей ветровой нагрузки для прямоугольного в плане здания представлены ниже (рис. 4, а–в). По оси абсцисс приведена высота здания, по оси ординат — значение ветрового давления (кгс/м^2).

Расчетное значение ветровой нагрузки получают путем умножения нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке γ_F , равный 1,4.

Полная нагрузка от ветрового давления будет прикладываться к стойкам экрана пропорционально грузовой полосе в виде равномерно распределенной погонной нагрузки (кН/м , кгс/м).

Случай удара бадьи о конструкции экрана является определяющим в силу значительной величины действующей сосредоточенной нагрузки (до 25 кН). При моделировании данной ситуации энергия удара бадьи должна гаситься конструкцией экрана. При этом возникающие в конструкции деформации и усилия не должны стать причиной обрушения.

Так как бадья перемещается по монтажному горизонту со скоростью 35 м/мин, необходимо определить коэффициент динамичности k_d , с которым нагрузка воздействует на конструкцию. Данный коэффициент определяется исходя из условия равенства кинетической энергии E_k удара бадьи и потенциальной энергии E_p секции экрана:

$$E_k = E_p; mv^2/2 = Ff/2, \quad (4)$$

где F — эквивалентная сила для консольной свободной стойки, $F = 3EI/f/h^3$; f — прогиб элементов экрана, мм, $f = Fh^3/(3EI)$ (для консольной свободной стойки).

Исходя из равенства правой и левой части выражения (4), прогиб при воздействии динамической нагрузки составит

$$f_d = (fv^2/g)^{0,5} = v(f/g)^{0,5}. \quad (5)$$

Получив отношение динамического прогиба f_d к статическому, определим коэффициент динамичности:

$$k_d = f_d/f = v/(f/g)^{0,5}. \quad (6)$$

При определении коэффициента динамичности в качестве статического прогиба элемента будем рассматривать предельно допускаемый прогиб для консольных стоек, составляющий 20 и 30 мм соответственно для консольных участков длиной 2 и 3 м. При этом чем больше податливость опор, тем меньше величина коэффициента динамичности, так как вся энергия удара будет переходить в деформации стоек экрана.

Определим коэффициент динамичности:

- на I этапе работы защитного экрана при допускаемой величине статического прогиба 20 мм: $k_d = 1,3$;

- на II этапе работы защитного экрана при допускаемой величине статического прогиба 30 мм: $k_d = 1,1$.

На полученные коэффициенты умножим значение веса бадьи и приложим данные нагрузки к расчетной схеме.

Расчетная схема представляет собой пространственную решетчатую конструкцию, шарнирно опертую на консольные балки. Консольные элементы жестко крепятся к конструкциям строящегося здания.

Конструктивная схема — шарнирно-связевая. Стойки экранов — неразрезные стержни на всю высоту конструкции. Примыкание элементов решетки (продольных и поперечных распорки)

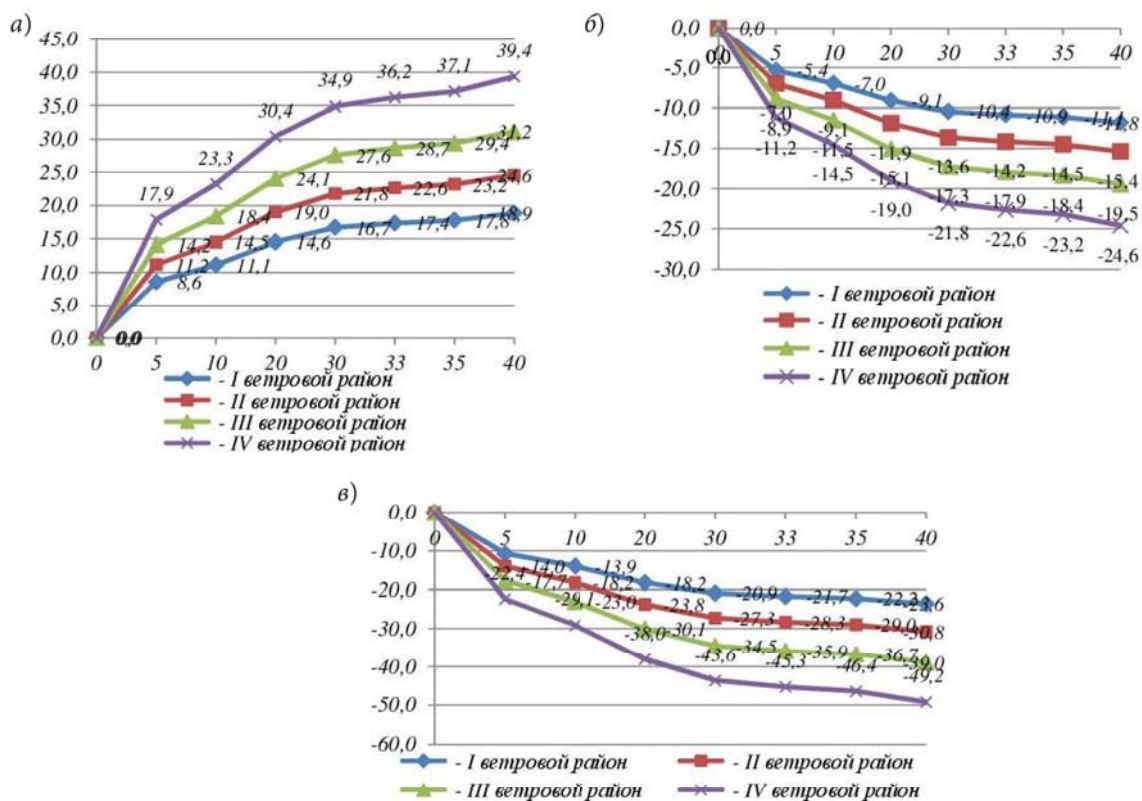


Рис. 4. Значения расчетной ветровой нагрузки: а — с наветренной стороны строящегося здания (при $c_e = 0,8$), w_p — пульсационная составляющая; б — с подветренной стороны строящегося здания (при $c_e = -0,5$); в — на боковую стену строящегося здания (при $c_e = -1,0$)

к стойкам шарнирное. Сопряжение связевых элементов (вертикальных и горизонтальных связей) со стойками шарнирное.

Геометрическая неизменяемость и общая пространственная устойчивость блока защитного экрана обеспечиваются за счет установки вертикальных и горизонтальных связей в плоскости и из плоскости конструкции по всей ее длине, а также за счет устройства промежуточных креплений, воспринимающих продольные усилия и дополнительно подкрепляющих стойки. Расчетные схемы экранов для I и II этапов возведения защитных экранов приведены на рис. 5, а, б.

В процессе производства строительномонтажных работ предполагается, что на конструкции защитных экранов будут действовать три вида нагрузок: постоянная (L_1), временная (L_2) и особый вид нагрузки — удар бадьи (L_3). Схемы приложения нагрузок на поперечные рамы защитных экранов для двух этапов про-

изводства строительномонтажных работ представлены на рис. 6, а–в и рис. 7, а–в.

Согласно требованиям СП 20.13330.2016, при выполнении расчетов должна учитываться возможность одновременного действия нескольких нагрузок введением коэффициентов сочетания. В нашем случае наиболее неблагоприятным является особое сочетание $L_1 + 0,5L_2 + L_3$.

Согласно ГОСТ 27751–2014, защитные экраны относятся к классу сооружений КС-1 (мобильные сооружения сборно-разборного типа) и не относятся к сооружениям капитального строительства. По этой причине коэффициент ответственности по назначению γ_n будет не менее 0,8. В расчетах примем $\gamma_n = 0,8$.

Расчеты элементов защитных экранов будем проводить по методике СП 16.13330.2017 как для центрально сжатых и растянутых элементов (распорки, связи), так и для внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов (стоек экранов). При этом расчет стоек будет

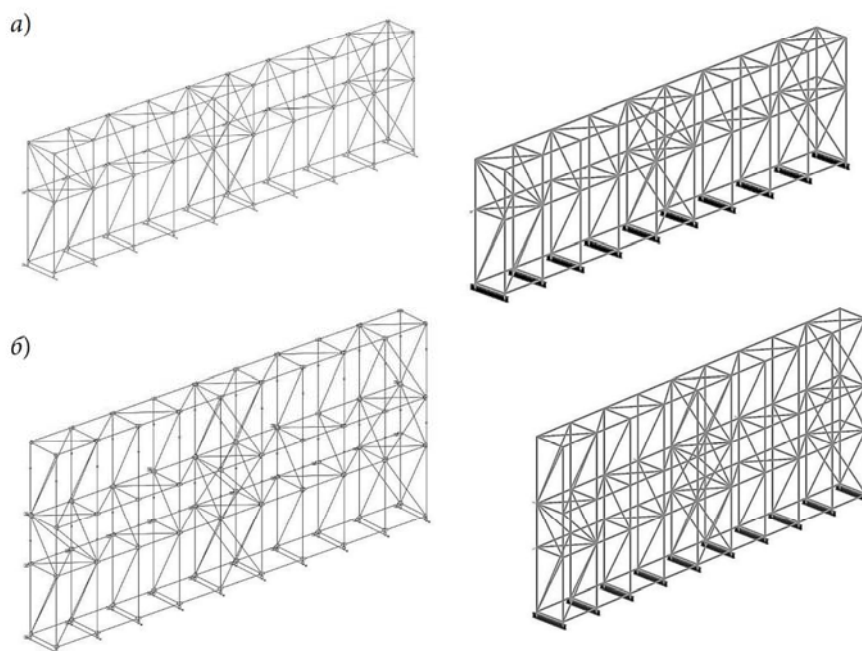


Рис. 5. Расчетная схема защитного экрана: а — на I этапе производства строительно-монтажных работ; б — на II этапе производства строительно-монтажных работ

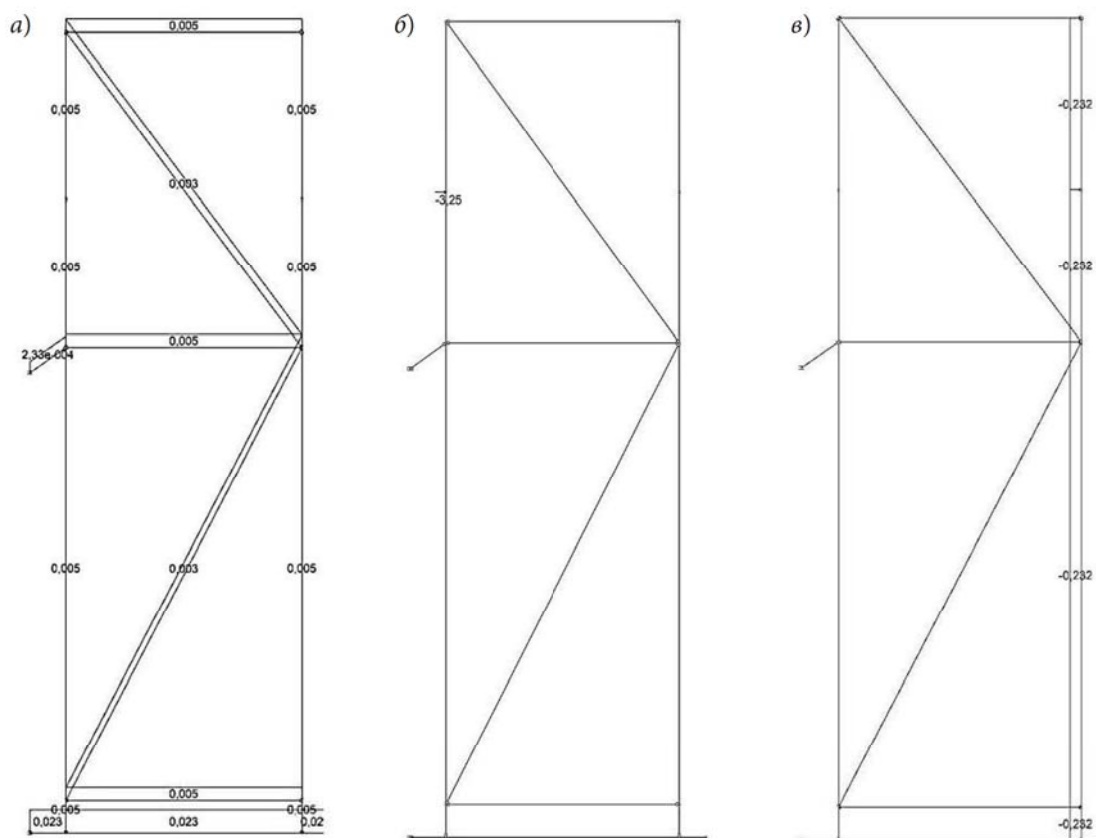


Рис. 6. Этап I. Схема приложения: а — расчетных нагрузок от собственного веса конструкций (для загрузки L_1 , т/м); б — расчетной нагрузки от удара бабьи с учетом коэффициента динамичности (для загрузки L_2 , т); в — расчетной нагрузки от ветрового давления ($w_m + w_p$) для IV ветрового района (для загрузки L_3 , т/м)

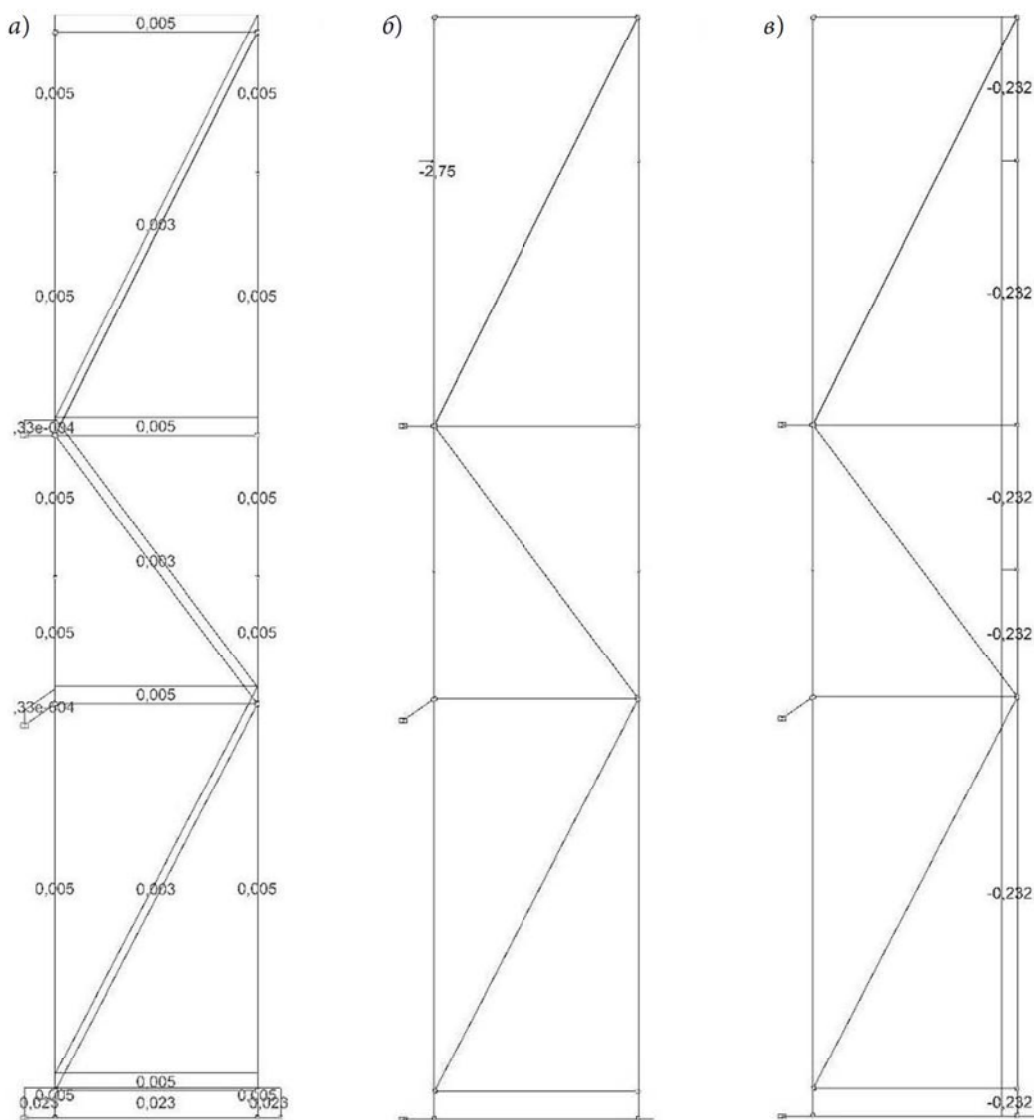


Рис. 7. Этап II. Схема приложения: а — расчетных нагрузок от собственного веса конструкций (для загрузки L_1 , т/м); б — расчетной нагрузки от удара бадьи с учетом коэффициента динамичности (для загрузки L_2 , т); в — расчетной нагрузки от ветрового давления ($w_m + w_p$) для IV ветрового района (для загрузки L_3 , т/м)

проводиться только в пределах блока (на участке длиной 6,0 м) в зоне приложения особой нагрузки. Рассчитывается поперечная рама, которая непосредственно воспринимает удар, и две соседние рамы (слева и справа). Расчет элементов в составе плоских рам для простоты сведен в табл. 1, 2.

Согласно результатам расчетов элементов вертикальных связей (в плоскости рам) и распорок (в плоскости рам) установлено, что их несущая способность обеспечена и имеет суще-

ственные запасы. При этом предельное усилие для труб $\varnothing 57 \times 3,5$, работающих на прочность, составляет 139,4 кН (14,21 тс), для труб $\varnothing 48 \times 3$ — 101,3 кН (10,33 тс).

При этом предельная гибкость сжатых элементов вертикальных связей в плоскости рам из труб $\varnothing 48 \times 3$ с расчетной длиной более 2,85 м не обеспечена и будет превышать предельно допустимые значения (см. табл. 1 и 2). В данном случае возможно несколько вариантов решения:

1) увеличение сечения элементов вертикальных связей (например, до диаметра стоек $\varnothing 57 \times 3,5$);

2) применение крестовых связей, что позволит при выключении из работы сжатых раскосов включаться в работу растянутым.

Второй вариант более перспективен, так как позволяет в целом уменьшить сечение всех вертикальных связей и снизить вес монтируемых единиц. Однако при этом увеличивается количество монтируемых конструкций.

Расчет элементов вертикальных связей, расположенных из плоскости рам защитных экранов, а также горизонтальных связевых ферм и распорок приведен в табл. 3 и 4.

Как показывают расчеты, несущая способность связей обеспечена. Максимальные напряжения возникают в раскосах горизонтальных связевых ферм (величина напряжений составляет 77 от 100 % несущей способности), что свидетельствует об их включении в пространственную работу защитного экрана при действии всего комплекса нагрузок. При этом гибкость элементов вертикальных связей превышает предельно допустимые значения. В данном случае рекомендуется увеличивать сечение элементов.

Результаты расчета стоек защитных экранов приведены в табл. 5. При этом для удобства анализа приведены только коэффициенты использования элементов. Расчеты проводились для двух этапов производства строительно-монтажных работ.

Для анализа работы защитных экранов как единой конструктивной единицы важным фактором является перераспределение усилий, а следовательно, и напряжений между соседними стойками при ударе бадьи об одну из них. По этой причине проводился расчет не только стойки, воспринимающей удар бадьи, но и соседней наиболее нагруженной стойки (расположенной слева или справа от расчетной).

Из результатов расчетов стоек защитных экранов можно сделать вывод о том, что не обеспечена несущая способность только стоек, непосредственно воспринимающих нагрузку от удара бадьи. При этом коэффициенты использования превышают предельные в несколько раз.

Также следует отметить, что гибкость стоек из труб $\varnothing 57 \times 3,5$ с расчетной длиной 3,0 м

незначительно превышает предельные значения. По этой причине рекомендуется в качестве стоек защитных экранов использовать трубы по ГОСТ 10704–91 $\varnothing 60 \times 3,5$.

Исходя из полученных результатов работы стоек, можно сделать вывод о том, что возникающие в стойке усилия и напряжения не воспринимаются сечением, а превращаются в существенные деформации, при этом не оказывая существенного влияния на конструкции экрана как единого пространственного каркаса. Данное предположение подтверждают величины перемещений узлов соседних рам и связей (рис. 8, а, б), которые не превышают 20 мм.

Как показали расчеты, величина усилия, возникающая в местах крепления экранов к конструкции строящегося здания, может достигать 41,3 кН (при шаге крепления лесов 6,0 м). В связи с этим для организации надежного крепления необходимо использовать узел из нескольких химических анкеров или, если позволяют конструктивные особенности возводимого здания, крепить экраны по длине здания через каждые 2 м (шаг стоек) и через 1,5–2 м по высоте. Крепление стоек экранов к конструкциям здания по высоте через 1,5–2 м должно осуществляться только в узлах, что потребует введения дополнительных распорок и более частой разбивки системы вертикальных связей.

Выводы

По результатам моделирования работы защитных экранов при выполнении строительно-монтажных работ в условиях, при которых на конструкции действуют одновременно несколько видов нагрузок (постоянная, временная и особая), установлено, что:

- не обеспечена несущая способность стоек защитных экранов, непосредственно воспринимающих нагрузку от удара бадьи;
- несущая способность вертикальных и горизонтальных связей, а также распорок и внешних стоек защитных экранов обеспечена;
- незначительно превышена гибкость элементов вертикальных и горизонтальных связей с расчетной длиной более 3,0 м;
- перемещения узлов защитного экрана при одновременном действии нескольких нагрузок в целом не превышают предельных значений. Перемещения верхних узлов стоек, на которые

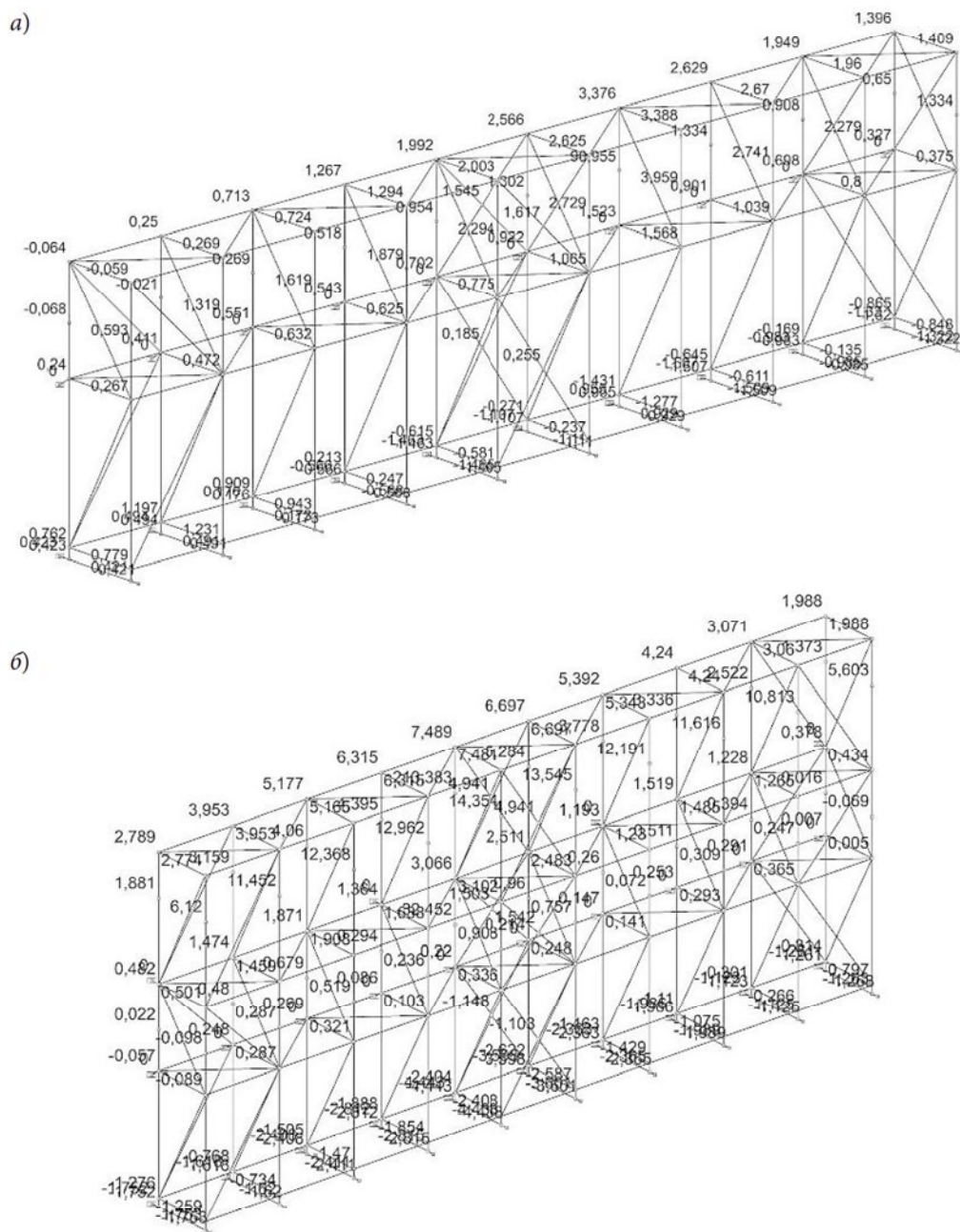


Рис. 8. Перемещения узлов защитного экрана, мм: а — на I этапе производства строительно-монтажных работ; б — на II этапе производства строительно-монтажных работ

действует нагрузка от удара бады, превышают предельные значения;

- максимальное отрывающее усилие в анкерах, фиксирующих защитный экран к конструкциям строящегося здания, в рассматриваемой системе составляет 41,3 кН.

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что использование строительных

лесов типа ЛСПШ (леса стоечные приставные штыревые) по ГОСТ 27321–2018 в качестве комбинированных защитных экранов допускается с рядом ограничений:

- стойки защитных экранов должны изготавливаться из стержневого сортамента круглого сечения по ГОСТ с минимальным $\phi 60 \times 3,5$ мм;

- вертикальные и горизонтальные связи защитных экранов должны изготавливаться из стержневого сортамента круглого сечения по ГОСТ с минимальным $\varnothing 57 \times 3,5$ мм;
- узлы крепления защитных экранов к существующим конструкциям возводимого здания должны обеспечивать восприятие и передачу действующих нагрузок (вырыва анкеров происходить не должно). Следовательно, в каждом конкретном случае подбор шага анкеров и их типа осуществляется организацией, выполняющей строительные-монтажные работы с применением защитных экранов;
- при возникновении моделируемой ситуации в процессе производства строительномонтажных работ необходимо в кратчайшие сроки производить замену деформированных элементов на новые, после чего допускается продолжать выполнение технологического процесса.

Библиографический список

1. Ганджунцев М. И., Кондратенко В. Е. Методика и некоторые результаты расчета лесов опалубки монолитного перекрытия // Вестник Белгородского гос. технол. ун-та им. В. Г. Шухова. 2015. № 2. С. 33–36.
2. Духанин П. В., Иванова Д. И. Сравнение средств подмащивания, применяемых при устройстве ограждающих конструкций в каркасно-монолитном строительстве // Академическая публицистика. 2020. № 11. С. 334–336.
3. Карауш С. А., Сенченко В. А. Внедрение новых организационных мер безопасности при работе на высоте в строительстве // Вестник Томского гос. архит.-строит. ун-та. 2015. № 4 (51). С. 186–191.
4. Карпова Т. С. Современные леса для строительства высотных зданий // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2017. № 1. С. 242–247.
5. Лукашенко В. И., Шмелев Г. Н., Хайдаров Л. И., Абдуллин Ф. Ф., Зиятдинов Э. К. Вероятностный расчет ресурса стоек мобильных стержневых сооружений из строительных лесов Layher // Известия Казанского гос. архит.-строит. ун-та. 2018. № 3 (45). С. 136–144.
6. Олейник П. П., Бродский В. В. Повышение эффективности проектирования и применения строительных лесов // Системные технологии. 2018. № 3 (28). С. 39–42.

7. Татаринова Р. Е. Изучение строительных лесов: типы, стандарты // Вопросы науки и образования. 2017. № 11 (12). С. 74–76.

8. Шаленный В. Т., Куринов А. В. Целесообразность выбора вида теплоизоляционного материала и средств подмащивания, применяемых в устройстве системы вентилируемого фасада при строительстве многоквартирного жилого дома по ул. Руднева, 15 в г. Севастополь // Экономика строительства и природопользования. 2017. № 1 (62). С. 90–94.

9. Юдина А. Ф., Евтюков С. А., Тилинин Ю. И. Развитие технологий жилищного строительства в Санкт-Петербурге // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 1 (72). С. 110–119.

10. Пат. на полезную модель 126278, Российская Федерация, МПК В23К 9/032. Элемент модульной системы строительных лесов / Ф. Й. Л. Х. Бринкманн; СКАФОМ ХОЛДИНГ Б. В. № 2012130982/02, заявл. 22.12.2010, опубл. 27.03.2013.

11. Пат. на полезную модель 75860, Российская Федерация, МПК Е04Г 7/22. Крепежный узел для строительных лесов / Н. А. Обаленский. № 2008113965/22, заявл. 14.04.2008, опубл. 27.08.2008.

12. Lu Z., Chao G. Bearing capacity of fastener steel tube full hall scaffolds // Magazine of Civil Engineering. 2019. № 3 (87). Pp. 35–45.

13. Toropov A. S., Byzov V. E., Melekhov V. I. Manufacturing structural building components from round timber with heartwood rot // Magazine of Civil Engineering. 2019. № 2 (86). Pp. 11–19.

References

1. Gandzhuntsev M. I., Kondratenko V. E. *Metodika i nekotorye rezul'taty rascheta lesov opalubki monolitnogo perekrytiya* [Methodology and some results of calculating the monolithic floor formwork scaffolding]. *Vestnik Belgorodskogo gos. tekhnol. un-ta im. V. G. Shukhova – Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*, 2015, no. 2, pp. 33–36.
2. Dukhanin P. V., Ivanova D. I. *Sravnenie sredstv podmashchivaniya, primenyaemykh pri ustroystve ograzhdayushchikh konstruksiy v karkasno-monolitnom stroitel'stve* [Comparison of the means of scaffolding used in the construction of enclosing structures in frame-monolithic construction]. *Akademicheskaya publitsistika – Academic Publicism*, 2020, no. 11, pp. 334–336.
3. Karaush S. A., Senchenko V. A. *Vnedrenie novykh organizatsionnykh mer bezopasnosti pri rabote na vysote v stroitel'stve* [Introduction of new organizational safety measures when working at height in construction]. *Vestnik Tomskogo gos. arkhит.-stroit. un-ta – Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Engineering*, 2015, no. 4 (51), pp. 186–191.

4. Karpova T. S. *Sovremennye lesa dlya stroitel'stva vysotnykh zdaniy* [Modern scaffolds for the construction of high-rise buildings]. *Dal'niy Vostok: problemy razvitiya arkhitekturno-stroitel'nogo kompleksa – The Far East: problems of the development of the architectural and construction complex*, 2017, no. 1, pp. 242–247.

5. Lukashenko V. I., et al. *Veroyatnostnyy raschet resursa stoek mobil'nykh sterzhnevyykh sooruzheniy iz stroitel'nykh lesov Layher* [Probabilistic calculation of the resource of racks of mobile rod structures from scaffolding Layher]. *Izvestiya Kazanskogo gos. arkhit.-stroit. un-ta – Bulletin of the Kazan State University of Architecture and Engineering*, 2018, no. 3 (45), pp. 136–144.

6. Oleynik P. P., Brodskiy V. V. *Povyshenie effektivnosti proektirovaniya i primeneniya stroitel'nykh lesov* [Improving the efficiency of design and application of scaffolds]. *Sistemnye tekhnologii – System Technologies*, 2018, no. 3 (28), pp. 39–42.

7. Tatarinova R. E. *Izuchenie stroitel'nykh lesov: tipy, standarty* [The study of scaffolds: types, standards]. *Voprosy nauki i obrazovaniya – Issues of Science and Education*, 2017, no. 11 (12), pp. 74–76.

8. Shalenniy V. T., Kurinov A. V. *Tselesoobraznost' vybora vida teploizolyatsionnogo materiala i sredstv podmashchivaniya, primenyaemykh v ustroystve sistemy ventiliruemogo fasada pri stroitel'stve mnogokvartirnogo zhilogo doma po ul. Rudneva, 15 v g. Sevastopol'* [The expediency of selecting the type of thermal insulation material and means of scaffolding used in the design of the ventilated facade system during the construction of the apartment building on Rudneva Str. 15, Sevastopol].

Ekonomika stroitel'stva i prirodopol'zovaniya – Construction and Environmental Management, 2017, no. 1(62), pp. 90–94.

9. Yudina A. F., Evtyukov S. A., Tilinin Yu. I. *Razvitie tekhnologiy zhilishchnogo stroitel'stva v Sankt-Peterburge* [Development of housing construction technologies in St. Petersburg]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 1 (72), pp. 110–119.

10. L. H. Brinkmann. *Element modul'noy sistemy stroitel'nykh lesov* [An element of a modular scaffolding system]. Utility model patent RF, no. 126278, 2013.

11. N. A. Obalenskiy. *Krepezhniy uzel dlya stroitel'nykh lesov* [Fixing unit for scaffolding]. Utility model patent RF, no. 75860, 2008.

12. Lu Z., Chao G. Bearing capacity of fastener steel tube full hall scaffolds. *Magazine of Civil Engineering*, 2019, no. 3(87), pp. 35–45.

13. Toropov A. S., Byzov V. E., Melekhov V. I. Manufacturing structural building components from round timber with heartwood rot. *Magazine of Civil Engineering*, 2019, no. 2 (86), pp. 11–19.

Таблица 1

Проверка несущей способности элементов рамы защитного экрана (при ударе бадью)

№	Элемент	Усилие, тс	Сечение		A, см ²	I _x , см	I _y , см	I _x , см	I _y , см	i _x , см	i _y , см	λ _x	λ _y	λ _{np}	φ	Коэф. γ _n	Коэф. γ _c	σ, кгс/см ²	R _y , кгс/см ²	Коэф. использования
			Эквиз	Состав																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
На I этапе производства строительного-монтажных работ																				
1	Верхняя распорка	0,085	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	15	2436	2436	0,01	
		0			5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	-	2436	2436	-	
2	Средняя распорка	0,401	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	69	2436	2436	0,03	
		0			5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	-	2436	2436	-	
3	Нижняя распорка	1,107	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	190	2436	2436	0,08	
		0			5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	-	2436	2436	-	
4	Верхний раскос	0	⊕	Ø48×3,0	4,241	250	1,595	1,595	1,595	157	125	180	0,267	0,8	1	228	2436	2436	0,09	
		-0,258			4,241	250	1,595	1,595	1,595	157	125	180	0,267	0,8	1	-	2436	2436	-	
5	Нижний раскос	0,269	⊕	Ø48×3,0	4,241	324,7	259,76	1,595	1,595	204	163	400	-	0,8	1	63	2436	2436	0,03	
		0			4,241	324,7	259,76	1,595	1,595	204	163	400	-	0,8	1	-	2436	2436	-	
На II этапе производства строительного-монтажных работ																				
1	Верхняя распорка	0	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	-	2436	2436	-	
		-0,411			5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	86	2436	2436	0,04	
2	Вторая распорка сверху	0,34	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	58	2436	2436	0,02	
		0			5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	-	2436	2436	-	
3	Третья распорка сверху	0,051	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	9	2436	2436	0,00	
		-0,249			5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	65	2436	2436	0,03	
4	Нижняя распорка	0,299	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	51	2436	2436	0,02	
		-0,073			5,833	135	1,896	1,896	1,896	1,896	71	400	-	0,8	1	15	2436	2436	0,01	
5	Верхний раскос	1,318	⊕	Ø48×3,0	4,241	335,4	268,32	1,595	1,595	210	168	400	-	0,8	1	311	2436	2436	0,13	
		0			4,241	335,4	268,32	1,595	1,595	210	168	400	-	0,8	1	-	2436	2436	-	
6	Средний раскос	0,866	⊕	Ø48×3,0	4,241	250	1,595	1,595	1,595	157	125	400	-	0,8	1	204	2436	2436	0,08	
		0			4,241	250	1,595	1,595	1,595	157	125	400	-	0,8	1	-	2436	2436	-	
7	Нижний раскос	0	⊕	Ø48×3,0	4,241	324,7	259,76	1,595	1,595	204	163	400	-	0,8	1	-	2436	2436	-	
		-0,508			4,241	324,7	259,76	1,595	1,595	204	163	400	-	0,8	1	758	2436	2436	0,31	

Примечание. Расчетные длины в плоскости и из плоскости соответственно: $l_x = l_y = 0,9l$ (для элементов, соединенных встык, — распорок). Для вертикальных связей: l_x, l_y (согласно табл. 24 СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»);

Гибкости в плоскости и из плоскости соответственно: $\lambda_x = l_x / i_x; \lambda_y = l_y / i_y$;

Предельная гибкость для сжатых элементов: $\lambda_{np} = 210 - 60\alpha$ (согласно табл. 32, подп. 2а СП 16.13330.2017).

Предельная гибкость для растянутых элементов: $\lambda_{np} = 400$ (согласно табл. 33, подп. 5 СП 16.13330.2017).

Коэффициент продольного изгиба для сжатых элементов: φ (согласно подп. 7.1.3 СП 16.13330.2017).

Коэффициент условий работы: γ_n (согласно табл. 1, примеч. 5 СП 16.13330.2017).

Напряжения при сжатии: $\sigma = N / (\varphi A R_{\gamma_c})$ (подп. 7.1.3 СП 16.13330.2017).

Напряжения при растяжении: $\sigma = N / (A R_{\gamma_t})$ (подп. 7.1.1 СП 16.13330.2017).

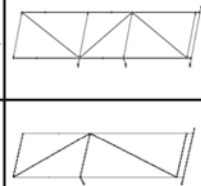


Таблица 2

Проверка несущей способности элементов рамы защитного экрана (при ударе бадьи о соседнюю раму)

№	Элемент	Усилие, тс	Сечение		A, см ²	l _у , см	l _х , см	i _у , см	i _х , см	λ _у	λ _х	λ _{пр}	φ	Коэф. γ _n	Коэф. γ _c	σ, кгс/см ²	R _у , кгс/см ²	Коэф. использования	
			Эскиз	Состав															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	
На I этапе производства строительно-монтажных работ																			
1	Верхняя распорка	0,457	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	400	-	0,8	1	78	2436	0,03	
		0			5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	-	-	0,8	1	-	2436	-	
2	Средняя распорка	1,167	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	400	-	0,8	1	200	2436	0,08	
		0			5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	-	-	0,8	1	-	2436	-	
3	Нижняя распорка	0,293	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	400	-	0,8	1	50	2436	0,02	
		0			5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	-	-	0,8	1	-	2436	-	
4	Верхний раскос	0	⊕	Ø48×3,0	4,241	250	200	1,595	1,595	157	125	-	-	0,8	1	-	2436	-	
		-0,758			4,241	250	200	1,595	1,595	157	125	180	0,267	0,8	1	670	2436	0,28	
5	Нижний раскос	0	⊕	Ø48×3,0	4,241	324,7	259,76	1,595	1,595	204	163	-	-	0,8	1	-	2436	-	
		-0,379			4,241	324,7	259,76	1,595	1,595	204	163	-	-	0,8	1	452	2436	0,19	
На II этапе производства строительно-монтажных работ																			
1	Верхняя распорка	0	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	-	-	0,8	1	-	2436	-	
		-0,001			5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	180	0,816	0,8	1	0	2436	0,00	
2	Вторая распорка сверху	0	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	-	-	0,8	1	-	2436	-	
		-0,31			5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	180	0,816	0,8	1	65	2436	0,03	
3	Третья распорка сверху	0,285	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	400	-	0,8	1	49	2436	0,02	
		0			5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	-	-	0,8	1	-	2436	-	
4	Нижняя распорка	0,299	⊕	Ø57×3,5	5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	400	-	0,8	1	51	2436	0,02	
		0			5,833	135	135	1,896	1,896	71	71	-	-	0,8	1	-	2436	-	
5	Верхний раскос	0,891	⊕	Ø48×3,0	4,241	335,4	268,32	1,595	1,595	210	168	400	-	0,8	1	210	2436	0,09	
		0			4,241	335,4	268,32	1,595	1,595	210	168	-	-	0,8	1	-	2436	-	
6	Средний раскос	0,25	⊕	Ø48×3,0	4,241	250	200	1,595	1,595	157	125	400	-	0,8	1	59	2436	0,02	
		-0,145			4,241	250	200	1,595	1,595	157	125	180	0,267	0,8	1	128	2436	0,05	
7	Нижний раскос	0	⊕	Ø48×3,0	4,241	324,7	259,76	1,595	1,595	204	163	-	-	0,8	1	-	2436	-	
		-0,392			4,241	324,7	259,76	1,595	1,595	204	163	-	-	0,8	1	585	2436	0,24	

Примечание. Расчетные параметры полностью аналогичны указанным в Примечании к табл. 1.

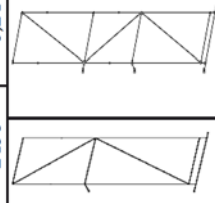







Таблица 3

Проверка несущей способности элементов вертикальных связей

№	Элемент	Усилие, тс	Сечение		A, см ²	l _y , см	l _x , см	i _y , см	i _x , см	λ _y	λ _x	λ _{np}	φ	Коэф. γ _n	Коэф. γ _c	σ, кгс/см ²	R _y , кгс/см ²	Коэф. использования
			Эскиз	Состав														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20
На I этапе производства строительно-монтажных работ																		
1	Верхний раскос	0,154		Ø48×3,0	4,241	283	226,4	1,595	1,595	177	142	400	-	0,8	1	36	2436	0,01
		-0,138			4,241	283	226,4	1,595	1,595	177	142	200	0,208	1	156	2436	0,06	
2	Нижний раскос	0,03		Ø48×3,0	4,241	350,6	140,24	1,595	1,595	220	88	400	-	0,8	1	7	2436	0,00
		-0,187			4,241	350,6	140,24	1,595	1,595	220	88	200	0,136	1	325	2436	0,13	
На II этапе производства строительно-монтажных работ																		
1	Верхний раскос	0,168		Ø48×3,0	4,241	360,6	144,24	1,595	1,595	226	90	400	-	0,8	1	40	2436	0,02
		-0,326			4,241	360,6	144,24	1,595	1,595	226	90	200	0,128	1	600	2436	0,25	
2	Средний раскос	0,298		Ø48×3,0	4,241	282,8	113,12	1,595	1,595	177	71	400	-	0,8	1	70	2436	0,03
		-0,149			4,241	282,8	113,12	1,595	1,595	177	71	200	0,208	1	169	2436	0,07	
3	Нижний раскос	0,1		Ø48×3,0	4,241	350,6	140,24	1,595	1,595	220	88	400	-	0,8	1	24	2436	0,01
		-0,127			4,241	350,6	140,24	1,595	1,595	220	88	200	0,136	1	221	2436	0,09	

Примечание. Расчетные параметры полностью аналогичны указанным в Примечании к табл. 1 и 2, за исключением предельной гибкости для сжатых элементов: λ_{np} = 200 (согласно табл. 32, подп. 6 СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции»).

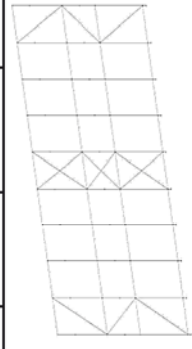


Таблица 4

Проверка несущей способности элементов горизонтальных связевых ферм

№	Элемент	Усилие, тс	Сечение		А, см ²	I _y , см	I _x , см	i _y , см	i _x , см	λ _y	λ _x	λ _{np}	φ	Коэф. γ _n	Коэф. γ _c	σ, кгс/см ²	R _y , кгс/см ²	Коэф. использ-я	
			Эскиз	Состав															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	
На I этапе производства строительно-монтажных работ																			
1	Распорка верхней гориз. фермы	1,187 -0,493	⊕	Ø57×3,5	5,833	180	1,896	1,896	1,896	95	95	400	-	0,8	1	203	2436	0,08	
2	Распорка средней гориз. фермы	0,733 -0,229	⊕	Ø57×3,5	5,833	180	1,896	1,896	1,896	95	95	400	-	0,8	1	126	2436	0,05	
3	Распорка нижнего яруса	0,052 -0,06	⊕	Ø57×3,5	5,833	180	1,896	1,896	1,896	95	95	400	-	0,8	1	9	2436	0,00	
4	Связь верхней гориз. фермы	0,514 -1,001	⊕	Ø48×3,0	4,241	250	1,595	1,595	1,595	157	125	400	-	0,8	1	121	2436	0,05	
5	Связь средней гориз. фермы	0,317 -0,689	⊕	Ø48×3,0	4,241	250	1,595	1,595	1,595	157	125	400	-	0,8	1	75	2436	0,03	
На II этапе производства строительно-монтажных работ																			
1	Распорка верхней гориз. фермы	1,995 -1,258	⊕	Ø57×3,5	5,833	180	1,896	1,896	1,896	95	95	400	-	0,8	1	342	2436	0,14	
2	Распорка второй сверху гориз. фермы	1,287 -0,713	⊕	Ø57×3,5	5,833	180	1,896	1,896	1,896	95	95	400	-	0,8	1	221	2436	0,09	
3	Распорка третьей сверху гориз. фермы	0,318 -0,342	⊕	Ø57×3,5	5,833	180	1,896	1,896	1,896	95	95	400	-	0,8	1	55	2436	0,02	
4	Распорка нижнего яруса	0,088 -0,068	⊕	Ø57×3,5	5,833	180	1,896	1,896	1,896	95	95	400	-	0,8	1	112	2436	0,05	
5	Связь верхней гориз. фермы	1,036 -1,467	⊕	Ø48×3,0	4,241	250	1,595	1,595	1,595	157	125	400	-	0,8	1	244	2436	0,10	
6	Связь второй сверху гориз. фермы	1,719 -2,116	⊕	Ø48×3,0	4,241	250	1,595	1,595	1,595	157	125	400	-	0,8	1	405	2436	0,17	
7	Связь третьей сверху гориз. фермы	0,442 -0,32	⊕	Ø48×3,0	4,241	250	1,595	1,595	1,595	157	125	400	-	0,8	1	1871	2436	0,77	

Примечание. Расчетные параметры полностью аналогичны указанным в Примечании к табл. 3.

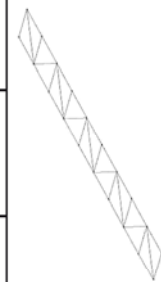












Таблица 5

Сводная таблица коэффициентов использования стоек защитных экранов

№	Элемент	Сечение		5	6	7	Требования п. 7.1.3 СП 16.13330.2017		10	11	Требования п. 10.4.1 СП 16.13330.2017	
		Эскиз	Состав				в пло- в скости	из пло- в скости			относи- тельно оси х	относи- тельно оси у
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
На I этапе производства строительно-монтажных работ												
1	Основная рама. Стойка верхней секции у здания		Ø57×3,5	<u>7,132</u>	0,47	<u>5,66</u>	0,002	0,002	-	0,003	0,703	0,703
2	Основная рама. Стойка нижней секции у здания		Ø57×3,5	<u>3,06</u>	0,062	<u>2,445</u>	0,274	0,274	0,270	1,370	<u>1,055</u>	<u>1,055</u>
3	Основная рама. Стойка верхней секции, дальней от здания		Ø57×3,5	0,571	0,054	0,454	0,002	0,002	0,020	0,005	0,703	0,703
4	Основная рама. Стойка нижней секции, дальней от здания		Ø57×3,5	0,722	0,067	0,577	0,152	0,152	0,117	0,522	<u>1,055</u>	<u>1,055</u>
5	Соседняя рама. Стойка верхней секции у здания		Ø57×3,5	0,055	0,001	0,044	0,004	0,004	-	1,005	0,703	0,703
6	Соседняя рама. Стойка нижней секции у здания		Ø57×3,5	0,172	0,003	0,206	0,129	0,129	-	0,290	<u>1,055</u>	<u>1,055</u>
7	Соседняя рама. Стойка верхней секции, дальней от здания		Ø57×3,5	0,572	0,054	0,454	0,003	0,003	0,001	0,006	0,703	0,703
8	Соседняя рама. Стойка нижней секции, дальней от здания		Ø57×3,5	0,723	0,067	0,577	0,103	0,103	-	0,275	<u>1,055</u>	<u>1,055</u>
На II этапе производства строительно-монтажных работ												
1	Основная рама. Стойка верхней секции у здания		Ø57×3,5	<u>8,647</u>	0,354	<u>6,863</u>	0,022	0,022	0,017	0,023	<u>1,055</u>	<u>1,055</u>
2	Основная рама. Стойка средней секции у здания		Ø57×3,5	<u>4,339</u>	0,115	<u>3,449</u>	0,015	0,015	-	0,016	0,703	0,703

Окончание табл. 5

№	Элемент	Сечение		Требования п. 8.2.1 СП 16.13330.2017 (при действии максимального изгибающего момента)	Требования п. 8.2.1 СП 16.13330.2017 (при действии максимальной поперечной силы)	Требования п. 9.1.1 СП 16.13330.2017	Требования п. 7.1.3 СП 16.13330.2017		Требования п. 9.2.2 и 9.2.10 СП 16.13330.2017	Требования п. 9.2.9 и 9.2.10 СП 16.13330.2017	Требования п. 10.4.1 СП 16.13330.2017	
		Эскиз	Состав				в плоскости	из плоскости			относительно оси х	относительно оси у
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	Основная рама. Стойка нижней секции у здания		Ø57×3,5	0,989	0,02	0,791	0,046	0,046	-	0,192	1,055	1,055
4	Основная рама. Стойка верхней секции, дальней от здания		Ø57×3,5	0,777	0,071	0,831	0,32	0,32	-	0,941	1,055	1,055
5	Основная рама. Стойка средней секции, дальней от здания		Ø57×3,5	0,441	0,043	0,499	0,15	0,15	-	0,483	0,703	0,703
6	Основная рама. Стойка нижней секции, дальней от здания		Ø57×3,5	0,673	0,066	0,534	0,06	0,06	0,054	0,175	1,055	1,055
7	Соседняя рама. Стойка верхней секции у здания		Ø57×3,5	0,011	-	0,012	0,024	0,024	-	0,027	1,055	1,055
8	Соседняя рама. Стойка средней секции у здания		Ø57×3,5	0,06	0,002	0,052	0,017	0,017	-	0,018	0,703	0,703
9	Соседняя рама. Стойка нижней секции у здания		Ø57×3,5	0,179	0,004	0,189	0,04	0,04	-	0,191	1,055	1,055
10	Соседняя рама. Стойка верхней секции, дальней от здания		Ø57×3,5	0,769	0,071	0,614	0,146	0,146	0,082	0,572	1,055	1,055
11	Соседняя рама. Стойка средней секции, дальней от здания		Ø57×3,5	0,446	0,044	0,472	0,073	0,073	-	0,414	0,703	0,703
12	Соседняя рама. Стойка нижней секции, дальней от здания		Ø57×3,5	0,674	0,066	0,535	0,065	0,065	0,065	0,297	1,055	1,055