

# Строительные конструкции, здания и сооружения

УДК 692.48

DOI: 10.14529/build200203

## ПОКРЫТИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ НА ПОДСТРОПИЛЬНЫХ РАМАХ

**М.А. Рязанов, И.И. Шишов, В.В. Муркин**

*Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, Россия*

Рассматриваются покрытия одноэтажных промышленных зданий каркасного типа. Отмечается, что ребристые плиты, стропильные и подстропильные конструкции в типовом решении представляют собой довольно громоздкие предварительно напрягаемые конструкции с высокой трудоемкостью изготовления и транспортирования; большая строительная высота покрытия увеличивает объем здания и эксплуатационные затраты; расстояние между поперечными осями – 6 или 12 м – не всегда достаточно для размещения оборудования цеха. Предлагается покрытие на подстропильных рамах из верхнего и нижнего поясов и вертикальных стоек, поддерживающих ограждающую часть в виде сплошной монолитной плиты на часто расположенных стропильных балках небольшой высоты. Расчеты конструкций выполняются с учетом неупругих деформаций по рекомендованным СП диаграммам деформирования: трехлинейной для бетона и двухлинейной для арматуры. Приводятся результаты для зданий с пролетами 30 и 24 м при шаге поперечных осей 18 м.

*Ключевые слова: сборно-монолитное покрытие, стропильная балка, подстропильная рама; монолитная плита, неупругие деформации, момент образования трещин, поэлементный расчет.*

Одноэтажные промышленные здания каркасного типа строятся для многих отраслей промышленности. Вертикальными несущими конструкциями служат колонны, защемленные в фундаментах; на них опираются ригели – стропильные конструкции, перекрывающие пролеты, по которым устраивается настил из ребристых плит. Длина плит 6 или 12 м. Если шестиметровые плиты используются при шаге колонн 12 м, то применяются подстропильные конструкции, направленные вдоль цеха и дающие ригелям дополнительные опоры.

Ребристые плиты, стропильные и подстропильные балки, фермы или арки представляют собой довольно громоздкие предварительно напрягаемые конструкции с высокой трудоемкостью изготовления, транспортирования и монтажа. Строительная высота покрытия превышает 3 м и увеличивает объем здания и затраты на его содержание. Шаг колонн 6 или 12 м не всегда оказывается достаточным для оптимального расположения технологического оборудования цеха. Все это – причины для поиска конструктивных решений.

В работе [1] предлагается стропильная конструкция в виде рамы очертания двускатной балки со сборно-монолитным верхним поясом, в состав которого уложенная на монтаже бетонная вставка вовлекает торцевые ребра и часть полки ребристых плит.

В работе [2] предложена пространственная стропильная конструкция небольшой высоты, состоящая из двух плоских рам, соединенных перемычками в местах опирания ребристых плит. Верхний пояс коробчатого сечения шириной 2 м расположен в уровне плит, соединен с ними жестко и выполняет одновременно несущую и ограждающую функции. Шаг поперечных рам здания увеличен до 18 м.

В работах [3–5] стойки стропильной рамы выполнены из двух перекрестных стенок, одни из которых направлены вдоль рамы и сообщают ей наибольшую жесткость, другие перпендикулярны и служат опорами для плит. Между торцами плит укладывается монолитный бетон, включающий их частично в состав ригеля, что и позволяет уменьшить высоту покрытия.

В работах [6, 7] ригель состоит из двух плоских рам и общего верхнего пояса коробчатого сечения шириной 1,8 м, выполняющего одновременно несущую и ограждающую функции. Опираются ригели на спаренные колонны.

В работах [8, 9] рассматривается консольно-балочная подстропильная система одноэтажного промышленного здания, состоящая из балок двух типов: первые опираются на спаренные колонны и имеют консоли в обе стороны, вторые опираются на консоли первых. Торцы смежных балок второго типа соединяются поверху арматурными

стержнями, которые при нагружении балок растягиваются и создают разгружающие моменты. Это уменьшает расход бетона и позволяет армировать балки стержневой арматурой классов А500С или А400 без предварительного напряжения, что снижает трудоемкость изготовления и стоимость балок.

В работах [10, 11] приводится экспериментальное исследование сборно-монолитного покрытия и расчет его элементов с учетом физической нелинейности деформирования бетона и арматуры.

Физическая нелинейность учитывается также в работах [12, 13], где расчет перекрестно-ребристых (кессонных) перекрытий производится на основе комбинации методов конечных разностей и предельного равновесия.

В работе [14] предлагается сборно-монолитное покрытие одноэтажного производственного здания при пролетах 18, 24, 30 м и увеличенном шаге поперечных осей. Настил из ребристых плит заменяется сплошной монолитной плитой толщиной 25 или 35 мм, устраиваемой по несъемной опалубке в виде сплошного настила из обрезных деревянных досок толщиной 40 мм, вложенных в четверти верхних полок стропильных балок. Между досками с определенным шагом зажимаются поставленные на ребро металлические пластины шириной 65 или 75 мм и толщиной – по расчету. Они замоноличиваются на всю толщину плиты, выступают вниз на 40 мм и служат поперечными ребрами, позволяющими при расчете стропильных балок включать плиту в состав верхней полки на ширину, равную расстоянию между балками. Мы предлагаем принять такое решение и дополнить его подстропильной конструкцией в виде рамы из верхнего и нижнего поясов и вертикальных стоек.

Для примера рассматриваются здания с пролетами 30 и 24 м в третьем снеговом районе. В первом случае стропильные балки двутаврового поперечного сечения высотой 1,3 м (с плитой – 1,335 м) устанавливаются с шагом 1,5 м (рис. 1). Расчетная нагрузка с учетом снега, изоляционных слоев покрытия и собственного веса стропильной балки равна 0,0103 МН/м. Из расчета на прочность при шарнирном опирании на подстропильные конструкции определяется армирование балки  $A_s = 0,00229 \text{ м}^2$  (9Ø18F500С), коэффициент армирования  $\mu = 0,026$ .

Расчеты по второй группе предельных состояний выполнялись с учетом физической нелинейности деформирования бетона и арматуры на основе следующих предпосылок [15]:

1. Гипотеза плоских сечений.

2. В сжатой зоне бетон деформируется в соответствии с рекомендованной СП трехлинейной диаграммой состояния.

3. В растянутой зоне работа бетона учитывается косвенно – с помощью коэффициента

$\psi_s = 1 - 0,8 \frac{M_{crс}}{M}$ , повышающего модуль упругости

арматуры до величины  $\frac{E_s}{\psi_s}$ , где  $M_{crс}$  – момент образования трещин,  $M$  – момент от нагрузки,  $E_s$  – модуль упругости арматуры.

4. Арматура класса А500С деформируется по рекомендованной СП двухлинейной диаграмме.

Момент образования трещин определялся с учетом неупругих деформаций в бетоне растянутой зоны при следующих предпосылках [15]:

1. Гипотеза плоских сечений.

2. В сжатой зоне бетон работает упруго при начальном модуле упругости  $E_b$ .

3. В растянутой зоне напряжения в бетоне возрастают упруго до величины  $R_{bt,ser}$ , при дальнейшем деформировании остаются постоянными.

4. Деформации наиболее напряженного волокна растянутой зоны равны 0,00015.

5. Арматура деформируется упруго.

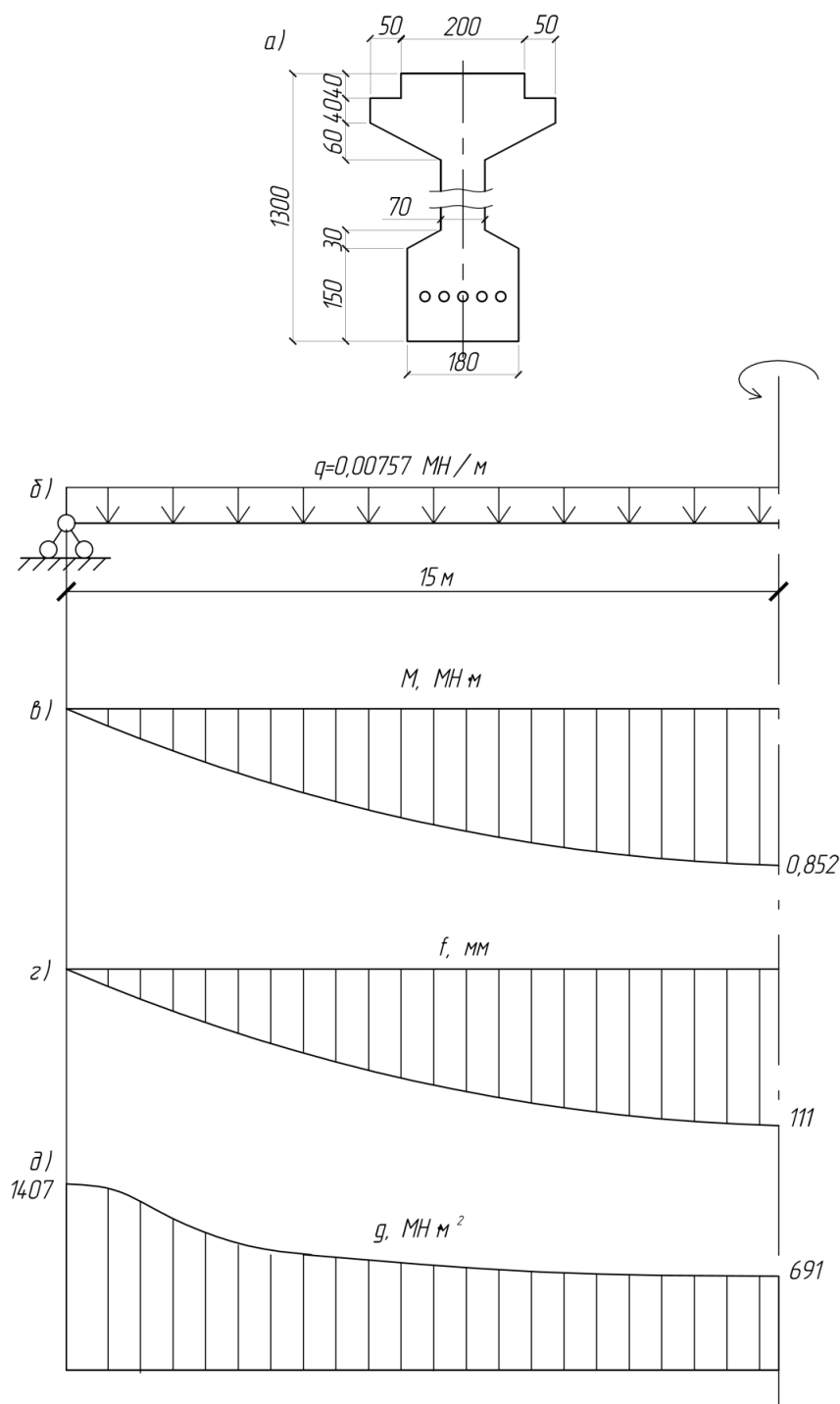
Алгоритм такого расчета, подробно описанный в работе [11], успешно прошел проверку: сравнение вертикальных перемещений ребристой плиты в составе покрытия, полученных расчетом и определенных экспериментально, показало хорошее совпадение [10].

На рис. 1 приводятся эпюры изгибающих моментов, вертикальных перемещений и изгибных жесткостей стропильной балки при действии длительной нагрузки  $q = 0,00757 \text{ МН/м}$ . Максимальный прогиб в середине пролета 0,111 при предельно допустимом значении 0,110 м.

Подстропильной конструкцией служит плоская рама, нумерация стержней и узлов которой показана на рис. 2. Верхний пояс выполняется из элементов сечением  $300 \times 700 \text{ мм}$  при симметричном армировании  $A_s = A'_s = 0,00305 \text{ м}^2$ , (12Ø18А500С),

$\mu = \mu' = 0,0156$ .  $A_s, \mu, A'_s, \mu'$  – сечение арматуры и коэффициент армирования растянутой и сжатой зон. Сечение стоек и нижнего пояса  $300 \times 800 \text{ мм}$ ,  $A_s = A'_s = 0,00305 \text{ м}^2$ , кроме элемента № 8, для которого  $A_s = A'_s = 0,00356$ . Опирается рама на спаренные колонны, соединенные короткой балкой. Крайние стойки имеют плечики для опирания коротких балок, дающих недостающие опоры стропильным балкам (см. рис. 2). Шаг поперечных осей здания 18 м, пролет подстропильной рамы – 15 м, опирание шарнирное.

Рама рассчитывается поэлементно по методу, описанному в работе [16]. Граничными условиями для каждого элемента служат угловые и линейные перемещения узлов рамы, примыкающих к элементу. Применяется метод конечных разностей в сочетании с методом упругих решений: в каждом



**Рис. 1.** Стропильная балка пролетом 30 м: а – поперечное сечение сборной части; б – расчетная схема; в – эпюра изгибающих моментов; г – эпюра вертикальных перемещений; д – эпюра жесткости

приближении для каждой из нанесенных на стержень точек определяются кривизна изогнутой оси стержня, высота сжатой зоны, изгибающий момент и жесткость для следующего приближения. Определяются также моменты, передаваемые стержнем на примыкающие узлы и вызывающие их повороты, и поперечные силы, вызывающие линейные перемещения узлов. Решение показыва-

ет устойчивую сходящуюся. На рис. 3 приводятся эпюры внешней нагрузки, изгибающих моментов, жесткостей элементов рамы и вертикальных перемещений верхнего пояса от расчетной нагрузки  $q = 0,222$  МН/м.

Поэлементный расчет конструкции дополняется рассмотрением сквозного сечения между стойками, где изгибающий момент действует на

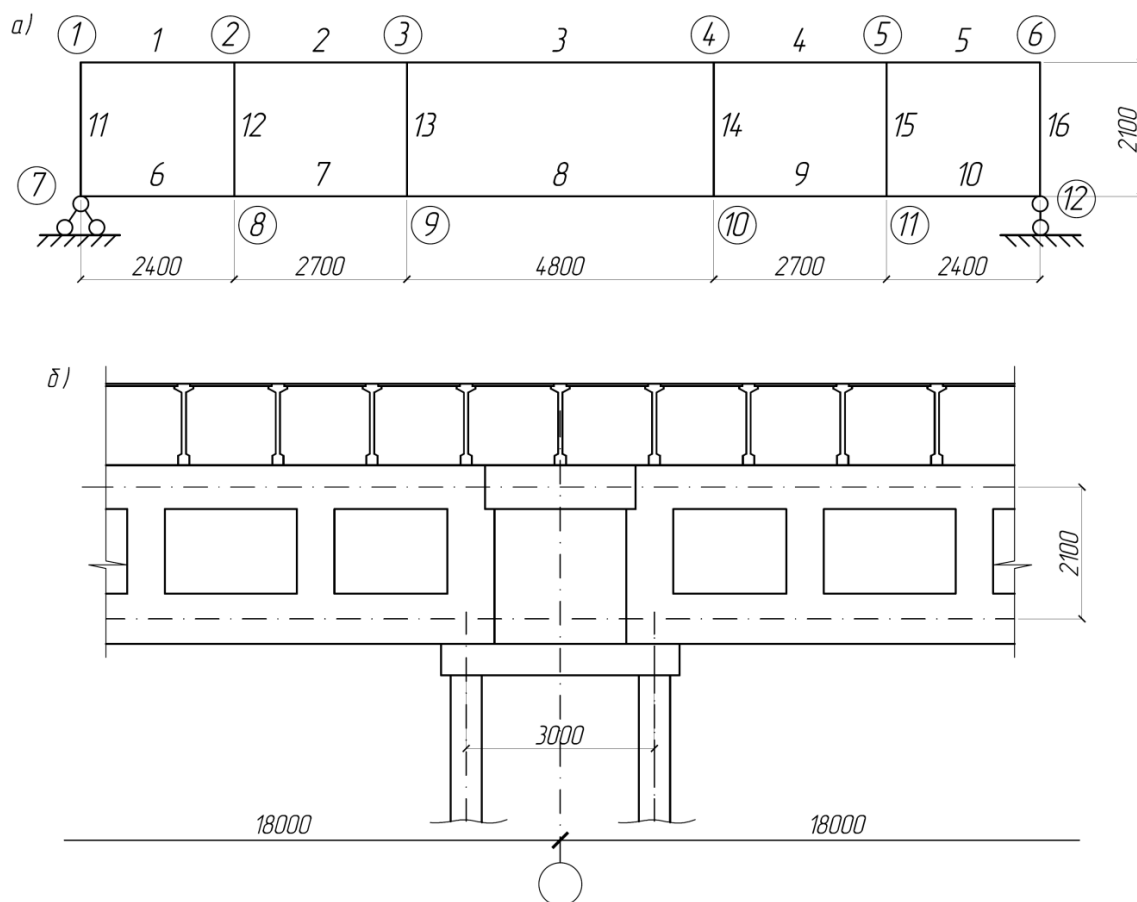


Рис. 2. Подстропильная рама: а – нумерация элементов и узлов, б – схема опирания смежных рам на спаренные колонны

раму в виде пары сил, одна из которых усиливает сжатие верхнего пояса, другая – растяжение нижнего. Величины этих сил определяются делением момента на расстояние между поясами

$$N = M_1/H, \text{ где } M_1 = \frac{q}{2}x(l-x), H = 2,1 \text{ м, } q -$$

интенсивность нагрузки,  $x$  – продольная координатная ось,  $l$  – пролет рамы. В нижнем поясе эта сила  $N$  должна восприниматься арматурой; применяется условие прочности  $N \leq R_s (A_s + A'_s)$ , где  $R_s$  – расчетное сопротивление арматуры. Для верхнего пояса распределение сил показано на рис. 4, где  $M$  – момент, возникающий в сечении элемента от местной нагрузки,  $N$  – одна из сил пары, создаваемой моментом сквозного сечения. Уравнение равновесия элемента  $dx$  запишется в виде:

$$M + N \frac{h_0 - a'}{2} = R_b \alpha_m b h_0^2 + R_{sc} A'_s (h_0 - a').$$

Здесь  $h_0$  – полезная высота поперечного сечения,  $a'$  – расстояние от центра арматуры до кромки бетона в сжатой зоне,  $R_b$  – расчетное сопротивление бетона сжатой зоны,  $b$  – ширина поперечного сечения элемента,  $R_{sc}$  – расчетное сопротивление

арматуры на сжатие,  $R_b \alpha_m b h_0^2$  – момент равнодействующей напряжений в бетоне сжатой зоны,  $R_{sc} A'_s (h_0 - a')$  – момент предельного усилия в арматуре сжатой зоны.

Определенная из уравнения величина  $\alpha_m$  не должна превышать своего предельного значения  $\alpha_R$ , соответствующего граничной относительной высоте сжатой зоны бетона  $\xi_R$ :

$$\alpha_R = \xi_R (1 - 0, \xi_R).$$

Условием прочности служит неравенство  $\alpha_m \leq \alpha_R$ .

Рама показывает высокую жесткость: длительная нагрузка  $q = 0,166$  МН/м вызывает максимальный прогиб 0,0200 м при предельно допустимом значении 0,0667 м.

Собственный вес подстропильной конструкции 0,217 МН.

Во втором случае, при пролетах здания 24 м, плита принята толщиной 25 мм, стропильные балки высотой 1000 мм (с плитой – 1025 мм) и расчетной нагрузкой 0,0919 МН/м располагаются с шагом 1,5 м. Из расчета на прочность определено

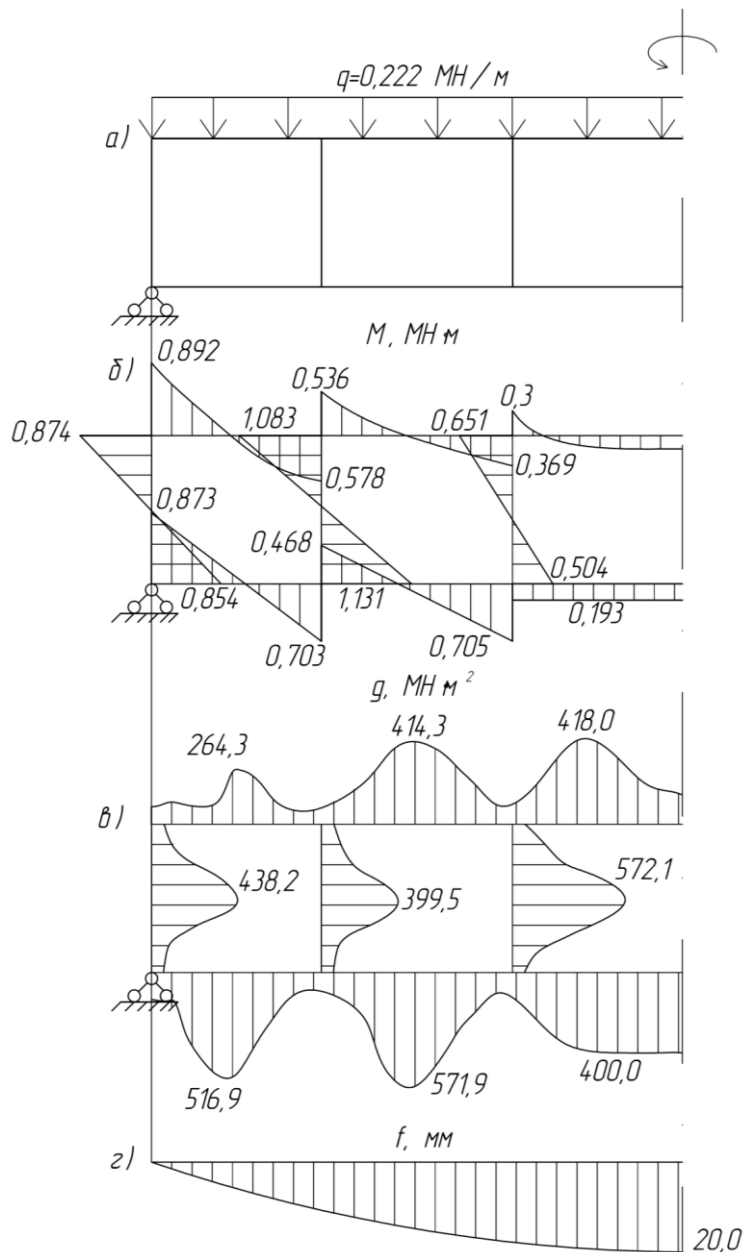


Рис. 3. Деформирование подстропильной рамы: а – расчетная схема, б – эпюра изгибающих моментов, в – жесткость элементов, г – вертикальные перемещения

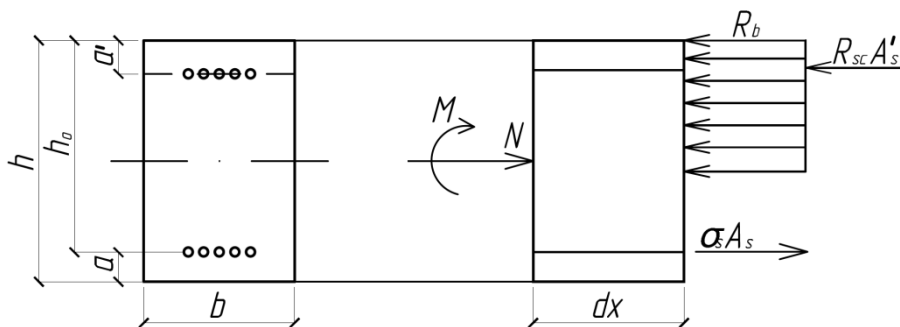


Рис. 4. К расчету на прочность сжатого верхнего пояса подстропильной рамы

одинокое армирование  $A_s = 0,00181 \text{ м}^2$ ,  $\mu = 0,0304$ . Жесткость балки достаточна: максимальный прогиб составляет 0,086 м при предельно допустимом значении 0,096 м.

Подстропильная рама пролетом 15 м имеет высоту в осях верхнего и нижнего поясов 1,8 м и выполняется из элементов сечением  $300 \times 700 \text{ мм}$  с симметричным армированием  $A_s = A'_s = 0,002545 \text{ м}^2$ ,  $\mu = \mu' = 0,0131$ . Начальная жесткость элементов – 400 МНм; при моментах, равных  $M_{\text{срс}}$ : 255 МНм – в расчетах на прочность, 319 МНм – в расчетах по прогибам. Эпюры изгибающих моментов, жесткостей элементов и вертикальных перемещений рамы аналогичны полученным для первого случая (см. рис. 3). Максимальное перемещение от длительной нагрузки  $q = 0,130 \text{ МН/м}$  равно 0,0132 м при предельно допустимом значении 0,0667 м.

Собственный вес подстропильной конструкции – 0,192 МН.

#### Выводы

Предложено сборно-монолитное покрытие одноэтажного промышленного здания в виде сплошной монолитной плиты по стропильным балкам высотой 1,3 и 1,0 м при пролетах 30 и 24 м соответственно, расположенным с шагом 1,5 м. Подстропильными конструкциями служат рамы с параллельными поясами и вертикальными стойками высотой 2,1 м в первом случае и 1,8 м во втором. Сечения элементов рам в первом случае  $0,3 \times 0,7 \text{ м}$  для верхнего пояса и  $0,3 \times 0,8 \text{ м}$  – для стоек и нижнего пояса, во втором –  $0,3 \times 0,7 \text{ м}$  для всех элементов. Покрытие имеет небольшую строительную высоту, стропильные и подстропильные конструкции армируются арматурой А500С без предварительного напряжения, нетрудоемки в изготовлении и монтаже. Вес стропильных балок и подстропильных рам при пролетах здания 30 м 0,105 и 0,217 МН соответственно; при пролетах 24 м – 0,065 и 0,192 МН.

#### Литература

1. Покрытие здания на сборно-монолитных стропильных конструкциях / С.И. Рощина, И.И. Шишов, Е.Н. Капцова, Х. Эззи // Бетон и железобетон. – 2013. – № 3. – С. 30–31.
2. Шишов, И.И. Покрытие производственного здания на спаренных колоннах. / И.И. Шишов, А.О. Дрогина, Т.В. Ковалишина // Бетон и железобетон. – 2013. – № 5. – С. 14–15.
3. Стропильные конструкции из линейных и плоских элементов и их совместная работа с плитами покрытий / И.И. Шишов, С.И. Рощина, Х. Эззи, М.А. Рязанов // Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссий-

ской (II Международной) конференции по бетону и железобетону (Москва, 12–16 мая 2014 г.): в 7 т. Т. 1. Теория железобетона. Железобетонные конструкции. Расчет и конструирование. – М.: МГСУ. 2014. – С. 407–413.

4. Пат. 147222RU Российская Федерация, МПК E04B 7/20 U1. Железобетонное покрытие одноэтажного производственного здания / С.И. Рощина, И.И. Шишов, Х. Эззи, М.А. Рязанов; заявитель и патентообладатель Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – № 2014111352/03; заявл. 25.03.2014; опублик. 27.10.2014. Бюл. № 30. – 2 с.

5. Рамные стропильные конструкции и плиты покрытия промышленного здания при шаге поперечных рам 15 метров / И.И. Шишов, С.И. Рощина, М.А. Рязанов, Х. Эззи // Материалы международной научной конференции «Новое в архитектуре, проектировании строительных конструкций и реконструкции». – Чебоксары, 2014. – С. 251–256.

6. Несущие конструкции покрытия промышленного здания при шаге поперечных рам 15 или 18 м / И.И. Шишов, С.И. Рощина, М.А. Рязанов, Х. Эззи // Бетон и железобетон. – 2015. – № 3. – С. 13–16.

7. Пат. 153641 RU Российская Федерация, МПК E04B 7/20 U1 Железобетонное покрытие одноэтажного производственного здания на спаренных колоннах. / С.И. Рощина, И.И. Шишов, М.А. Рязанов, Х. Эззи; заявитель и патентообладатель Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – № 2014149245/03, заявл. 05.12.2014; опублик. 27.07.2015. Бюл. № 21. – 2 с.

8. Шишов, И.И. Покрытие промышленного здания с консольно-балочной подстропильной системой / И.И. Шишов, Е.А. Смирнов, М.А. Рязанов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 49–54. DOI: 10.14529/build170106.

9. Внешнее армирование консольно-балочной подстропильной системы / М.А. Рязанов, С.И. Рощина, И.И. Шишов и др. // БСТ – Бюллетень строительной техники. – 2018. – № 2.

10. Экспериментальные исследования работы сборно-монолитного покрытия производственного здания / М.А. Рязанов, И.И. Шишов, С.И. Рощина и др. // БСТ – Бюллетень строительной техники. – 2016. – № 12. – С. 57–61.

11. Расчет изгибаемых элементов с учетом физической нелинейности деформирования / М.А. Рязанов, И.И. Шишов, С.И. Рощина, М.В. Лукин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 12. – С. 58–64. DOI: 10.12737/22764.

12. Плотников, А.Н. Прочность и деформативность перекрестно-ребристого перекрытия с учетом перераспределения усилий: дис. ... канд. техн. наук / А.Н. Плотников. – М., 2013. – 268 с.

13. Головин, Н.Г. Расчет перекрестно-ребристых перекрытий с учетом физической не-

линейности / Н.Г. Головин, А.Н. Плотников // *Бетон и железобетон – взгляд в будущее: научные труды III Всероссийской (II Международной) конференции по бетону и железобетону (Москва, 12 – 16 мая 2014 г.)*: в 7 т. Т. 1. Теория железобетона. Железобетонные конструкции. Расчет и конструирование. – М.: МГСУ. 2014. – С. 234–244.

14. Пат. 186152 RU, МПК E04B 7/00. Сборно-монолитное покрытие одноэтажного производственного здания при пролетах 18, 24, 30 м и увеличенном шаге поперечных осей / С.И. Рощина, И.И. Шишов, М.А. Рязанов, Н.П. Козлова, П.И. Малафеева; патентообладатель ВлГУ. № 2018134014; заявл. 26.09.2018; опубл. 11.01.2019. Бюл. № 2.

15. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.

16. Поэлементный расчет поперечной рамы каркаса здания / И.И. Шишов, М.А. Рязанов, М.О. Максименко, Ю.А. Вичужанина // *Вестник МГСУ*. – 2016. – № 9. – С. 51–61. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.9.51-61.

**Рязанов Максим Александрович**, аспирант кафедры строительных конструкций, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (Владимир), maks85@bk.ru.

**Шишов Иван Иванович**, кандидат технических наук, профессор, доцент кафедры строительных конструкций, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (Владимир), shishov@shishov777.elcom.ru.

**Муркин Владимир Владимирович**, магистрант кафедры строительных конструкций, Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (Владимир), murkinvv@gmail.com.

*Поступила в редакцию 4 февраля 2020 г.*

DOI: 10.14529/build200203

## SUB-TRUSS FRAMES FLOORING OF AN INDUSTRIAL BUILDING

**M.A. Ryazanov**, maks85@bk.ru

**I.I. Shishov**, shishov@shishov777.elcom.ru

**V.V. Murkin**, murkinvv@gmail.com

*Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs,  
Vladimir, Russian Federation*

The floorings of single-storey industrial buildings of frame type are considered. It is noted that ribbed plates, rafter and footing structures in their standard design solution are rather bulky prestress structures and require high manufacture and transportation inputs; large construction depth of flooring increases the bulk of a building and operating costs; the distance between the transverse axes of 6 m or 12 m is not always sufficient for the shop equipment layout. The sub-truss frames flooring from the top and bottom flanges and the vertical racks supporting the fencing part in the form of a solid monolithic slab on closely placed low-height roof beams is suggested. Structural calculations are performed taking into the account the nonelastic deformations according to the recommended Construction Rules deformation diagrams: trilinear for concrete, and bilinear for reinforcement. The results for buildings with the spans of 30 m and 24 m with the spacing between the transverse axes being 18 m are given.

*Keywords: precast monolithic coating; roof beam, footing frame, monolithic plate, nonelastic deformations, point of cracking, elementwise calculation.*

### References

1. Roshchina S.I., Shishov I.I., Kaptsova E.N., Ezzi Kh. [Building Covering on Prefabricated Monolithic Rafter Structures]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 2013, no. 3, pp. 30–31. (in Russ.)
2. Shishov I.I., Drogina A.O., Kovalishina T.V. [Production Building Coating on Paired Columns]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 2013, no. 5, pp. 14–15. (in Russ.)
3. Shishov I.I., Roshchina S.I., Ezzi Kh., Ryazanov M.A. [Sling Structures Made of Linear and Flat Elements and Their Joint Operation with Coating Plates]. *Beton i zhelezobeton – vzglyad v budushcheye*:

*nauchnyye trudy III Vserossiyskoy (II Mezhdunarodnoy) konferentsii po betonu i zhelezobetonu* [Concrete and Reinforced Concrete – a Look to the Future: Scientific Works of the III All-Russian (II International) Conference on Concrete and Reinforced Concrete. Theory of Reinforced Concrete. Reinforced Concrete Structures. Calculation and Designing]. Moscow, MGSU Publ., 2014, vol. 1, pp. 407–413. (in Russ.)

4. Roshchina C.I., Shishov I.I., Ezzi Kh., Ryazanov M.A. *Zhelezobetonnoye pokrytiye odnoetazhnogo proizvodstvennogo zdaniya* [Reinforced Concrete Coating of a Single-Storey Production Building]. Patent RF 147222RU, no. 2014111352/03; decl. 25.03.2014; publ. 27.10.2014, Bul. no. 30. 2 p.

5. Shishov I.I., Roshchina S.I., Ryazanov M.A., Ezzi Kh. [Frame Sling Structures and Slabs of the Industrial Building at the Pitch of Transverse Frames 15 Meters]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Novoye v arkhitekture, proyektirovanii stroitel'nykh konstruktсий i rekonstruktсий"* [Materials of the International Scientific Conference "New in Architecture, Design of Building Structures and Reconstruction"]. Cheboksary, 2014, pp. 251–256. (in Russ.)

6. Shishov I.I., Roshchina S.I., Ryazanov M.A., Ezzi Kh. [Bearing Structures of Industrial Building Covering at the Pitch of Transverse Frames 15 or 18 m]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 2015, no. 3, pp. 13–16. (in Russ.)

7. Roshchina S.I., Shishov I.I., Ryazanov M.A., Ezzi Kh. *Zhelezobetonnoye pokrytiye odnoetazhnogo proizvodstvennogo zdaniya na sparennykh kolonnakh* [Reinforced Concrete Coating of Single-Storey Production Building on Paired Columns]. Patent RF 153641 RU, no. 2014149245/03, decl. 05.12.2014; publ. 27.07.2015, Bul. no. 21. 2 p.

8. Shishov I.I., Smirnov E.A., Ryazanov M.A. [Industrial Building Covering with Cantilever-Beam Trim System]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction and Architecture*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 49–54. DOI: 10.14529/build170106.

9. Ryazanov M.A., Roshchina S.I., Shishov I.I., Lukin M.V., Lisyatnikov M.S. [External Reinforcement of Cantilever Beam System]. *BST – Byulleten' stroitel'noy tekhniki*, 2018, no. 2, pp. 62–64. (in Russ.)

10. Ryazanov M.A., Shishov I.I., Roshchina S.I., Smirnov E.A., Sergeyev M.S. [Experimental Studies of Operation of Prefabricated-Monolithic Coating of Production Building]. *BST – Byulleten' stroitel'noy tekhniki* [BST – Bulletin of Construction Equipment], 2016, no.12, pp. 57–61. (in Russ.)

11. Ryazanov M.A., Shishov I.I., Roshchina S.I., Lukin M.V. [Calculation of Bent Elements Taking into Account the Physical Nonlinearity of Deformation]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova* [Bulletin of the Belgorod State Technological University V.G. Shukhov], 2016, no. 12, pp. 58–64. DOI: 10.12737/22764.

12. Plotnikov A.N. *Prochnost' i deformativnost' perekrestno-rebristogo perekrytiya s uchetom pereraspredeleniya usily. Dis. kand. tekhn. nauk* [Strength and Deformability of the Cross-Ribbed Floor Taking into Account the Redistribution of Forces. Cand. sci. diss.]. Moscow, 2013. 268 p.

13. Golovin N.G., Plotnikov A.N. [Calculates Cross-Ribbed Slabs Based on Physical Nonlinearity]. *Beton i zhelezobeton – vzglyad v budushcheye: nauchnyye trudy III Vserossiyskoy (II Mezhdunarodnoy) konferentsii po betonu i zhelezobetonu. Teoriya zhelezobetona. Zhelezobetonnyye konstruktсий. Raschet i konstruirovaniye* [Concrete and Reinforced Concrete – a Look to the Future: Scientific Works of the III All-Russian (II International) Conference on Concrete and Reinforced Concrete. Theory of Reinforced Concrete. Reinforced Concrete Structures. Calculation and Designing]. Moscow, MGSU Publ., 2014, vol. 1, pp. 234–244. (in Russ.)

14. Roshchina S.I., Shishov I.I., Ryazanov M.A., Kozlova N.P., Malafeyeva P.I. *Sborno-monolitnoye pokrytiye odnoetazhnogo proizvodstvennogo zdaniya pri proletakh 18, 24, 30 m i uvelichennom shage poperechnykh osey* [Assembly-Monolithic Coating of Single-Storey Production Building at Spans 18, 24, 30 m and Increased Pitch of Transverse Axes]. Patent RF 186152 RU, no. 2018134014; decl. 26.09.2018; publ. 11.01.2019, Bul. no. 2. 6 p.

15. *SP 63.13330.2012. Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruktсий. Osnovnyye polozheniya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp 52-01-2003* [SP 63.13330.2012. Concrete and Reinforced Concrete Structures. Basic Provisions. Updated Version of SNIp 52-01-2003]. Moscow, 128 p.

16. Shishov I.I., Ryazanov M.A., Maksimenko M.O., Vichuzhanina Yu.A. [Elemental Calculation of the Transverse Frame of the Building Frame]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU], 2016, no. 9, pp. 51–61. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.9.51-61.

Received 4 February 2020

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Рязанов, М.А. Покрытие промышленного здания на подстропильных рамах / М.А. Рязанов, И.И. Шишов, В.В. Муркин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2020. – Т. 20, № 2. – С. 20–27. DOI: 10.14529/build200203

#### FOR CITATION

Ryazanov M.A., Shishov I.I., Murkin V.V. Sub-Truss Frames Flooring of an Industrial Building. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2020, vol. 20, no. 2, pp. 20–27. (in Russ.). DOI: 10.14529/build200203