

УДК 692.4:721.012.261:62

## РАЦИОНАЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ПРОГОНОВ ПОКРЫТИЙ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

*Викторов Валерий Васильевич,*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства,  
г. Пенза,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции».*

### **Аннотация**

В зданиях сельскохозяйственного назначения удельный вес стальных прогонов может составлять 20-40% от общего расхода стали на здание, оптимизация распределения прогонов по покрытию может привести к существенной экономии металла. Для поиска оптимальных расстояний между прогонами был использован алгоритм расчета опорных реакций неразрезных балок, разработанный для работы в среде программы MS Excell с проверкой в программе расчета конструкций SCAD.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные здания, расход стали на здание, расстояние между прогонами, алгоритм расчета, расчетные программы.

## RATIONAL LOCATION OF RUNS, COATINGS OF SINGLE-STOREY INDUSTRIAL BUILDINGS

*Victorov Valery Vasilevich,*

*Penza State University of Architecture and Construction, Penza,*

*Candidate of Sciences, Associate Professor of the department "Building constructions".*

### **Abstract**

The buildings for agricultural purposes, the specific weight of steel girders may be 20-40% of the total consumption of steel in the building, optimization of the distribution of the runs in the coating can lead to substantial savings of metal. To find

the optimal distances between the purlins was used the algorithm of calculation of support reactions of continuous beam designed to work in MS Excell with validation in the program of calculation of structures SCAD.

**Keywords:** agricultural buildings, steel consumption for the building, the distance between the purlins, the calculation algorithm calculation of the program.

Для устройства покрытий одноэтажных промышленных зданий могут применяться различные решения. Для неутепленных покрытий с уклоном от 10%, как правило, используется профилированный стальной настил, выполненный согласно техническим условиям [1], укладываемый на прогоны и закрепляемый на них самонарезными винтами. Длина листов настила может достигать 12 метров и более (по согласованию с заводом изготовителем). Если длина ската покрытия составляет более 12 метров, то в направлении ската отдельные листы профилированного настила стыкуются внахлест с перепуском не менее 250 мм.

Для утепленных покрытий с уклоном от 10%, как правило, используются трехслойные кровельные панели типа «Сэндвич». Панели состоят из двух облицовок (наружной и внутренней) и среднего слоя утеплителя. Утеплитель может выполняться из негорючих материалов (минеральной или каменной ваты) или из горючих вспененных полимерных составов (пенополистирола, пенополиуретана, пенополиизоцианурата и т.п). Толщина применяемого утеплителя составляет 100-250 мм и зависит от назначения здания и местности возведения. При монтаже кровли кровельные панели укладываются на прогоны и крепятся к ним самонарезными винтами. Длина панелей может достигать 12 м. При большей длине ската кровли больше 12 м кровельные панели необходимо стыковать. Стыкуются кровельные панели внахлест с перепуском не менее 200 мм. Для устройства стыка на верхней панели производится подрезка нижней облицовки и утеплителя.

Для утепленных покрытий с уклоном менее 10%, как правило, используют кровли из рулонных битумных материалов или полимерных

мембран. При этом кровельный материал укладывается на двуслойный утеплитель, который в свою очередь укладывается на основание из профилированного настила (как правило, по слою пароизоляции). Весь кровельный пирог (кровельный материал и утеплитель) крепится к профилированному настилу потайными креплениями на самонарезающих винтах. Профилированный настил (длиной до 12 метров) обычно устраивается по кровельным прогонам.

Прогоны, как правило, укладываются на стропильные конструкции (балки или фермы) с некоторым регулярным шагом. Изготавливаются прогоны обычно из стальных швеллеров (горячекатаных или гнутых) или из стальных прямоугольных или квадратных гнутосварных труб, также может применяться деревянный брус. Крепятся прогоны к стропильным конструкциям на болтах или на сварке.

Нагрузки от веса кровельного ковра, веса снега и давления ветра на стропильные конструкции передаются через прогоны [2]. Величина нагрузки зависит от шага прогонов. Этот шаг зависит от несущей способности профилированного настила или кровельной панели и назначается обычно в пределах 1,0-3,0 метров.

При определении нагрузок на прогон используют понятие грузовой ширины равной полусумме расстояний от рассматриваемого прогона до двух соседних. На эту величину умножают распределенную нагрузку от веса кровельного ковра, веса снегового покрова, давления ветра и получают нагрузку на прогон, распределенную по длине. Этот наиболее простой подход к определению нагрузок справедливый при разрезной схеме опирания покрытия на прогон оказывается не совсем правильным при опирании на прогон неразрезных конструкций из профилированного стального настила или кровельных панелей типа «сэндвич».

Вследствие перераспределения усилий внутри неразрезной конструкции нагрузки на соседние прогоны будут отличаться друг от друга, иногда значительно.

На рисунке 1а приведены исходные данные для расчета. Кровельная конструкция смоделирована в виде неразрезной балки постоянной жесткости. Длина балки условно принята равной 1 метру. Прогоны смоделированы в виде опор. Нагрузка от веса кровли принята условно равной единице. Нагрузка на прогоны может быть определена в результате расчета неразрезной балки и будет численно равна опорным реакциям. На рисунке приведены результаты расчета опорных реакций. Рассмотрены варианты с количеством пролетов от одного до десяти. В пределах одной балки пролеты приняты одинаковыми по длине.

На рисунке 1б приведены результаты расчета нагрузок на прогоны.

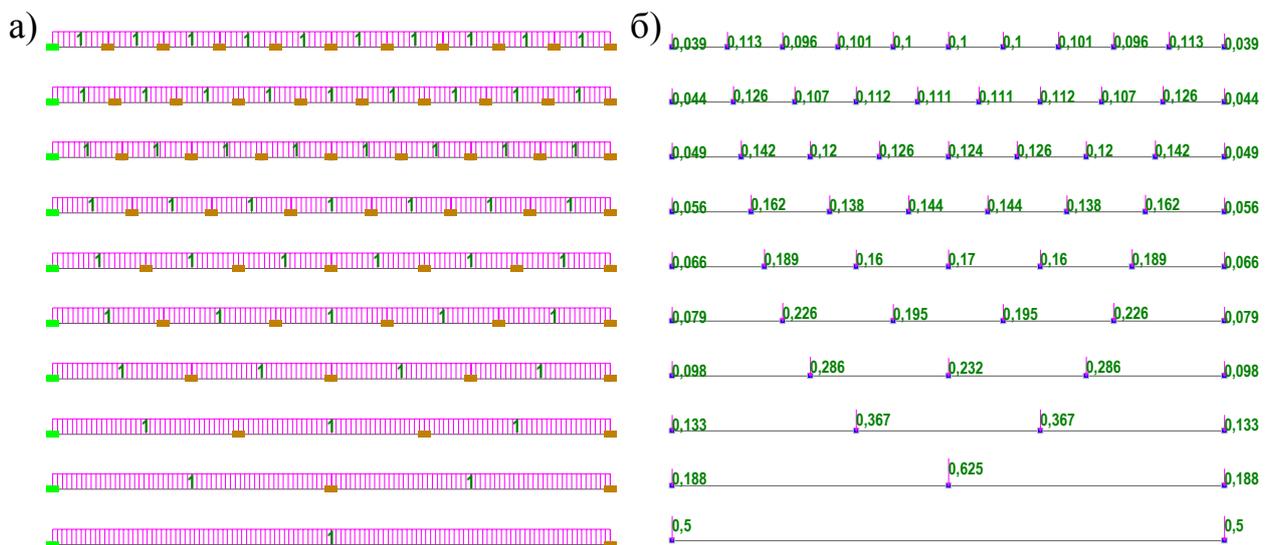


Рисунок 1 – Неразрезные балки с пролетами равными по длине:

а) расчетные схемы неразрезных балок; б) результаты расчета опорных реакций

Анализируя полученные результаты можно отметить, что при количестве пролетов от одного до трех опорные реакции средних пролетов по величине не отличаются, но их значения гораздо больше значений, которые могли бы быть получены для однопролетной разрезной конструкции. Так при двух пролетах опорная реакция на средней опоре на 25,0% больше опорной реакции, которая могла бы быть получена при опирании разрезных балок. При трех пролетах

опорная реакция на средних опорах на 10,2% больше опорной реакции, которая могла бы быть получена при опирании разрезных балок.

При количестве пролетов больше трех можно отметить, что на второй опоре опорная реакция всегда больше, чем на остальных средних опорах. Эта разница зависит от количества опор. Так при четырех пролетах разница опорных реакций на второй и третьей опорах составляет 23,3%, при пяти пролетах – 15,9%, при шести – 18,1%; при семи – 17,4%; при восьми – 18,3%; при девяти – 15,8%; при десяти – 17,7%.

При количестве пролетов больше пяти можно отметить, что на третьей опоре опорная реакция всегда меньше, чем на остальных средних опорах (кроме второй). Эта разница зависит от количества опор. Так при шести пролетах разница опорных реакций на третьей и четвертой опорах составляет 6,3%, при семи пролетах 4,3%, а при восьми – 5,0; при девяти – 4,7; при десяти – 5,2.

На опорах от четвертой и выше разница опорных реакций составляет 0,9-1,6%. Величина опорных реакций средних опор приближается к величине опорных реакций разрезных балок.

В практике реального проектирования прогоны, как правило, принимают одинакового сечения. При этом если ориентироваться на нагрузки, полученные по расчету грузовой площади разрезных балок, можно получить прогоны, перегруженные на 10-25%. Если ориентироваться на расчет по неразрезной схеме (фактически на нагрузки второй опоры), то промежуточные прогоны окажутся недогруженными на 10-15% и на эту величину произойдет перерасход материала.

Учитывая то, что в легких зданиях сельскохозяйственного назначения удельный вес стальных прогонов может составлять 20-40% от общего расхода стали на здание, то оптимизация распределения прогонов по покрытию может привести к существенной экономии металла [3].

Для поиска оптимальных расстояний между прогонами был использован алгоритм расчета опорных реакций неразрезных балок, разработанный для

работы в среде программы MS Excel. Затем полученные результаты дополнительно проверялись в программе расчета конструкций SCAD.

В результате поиска оптимальных пролетов многопролетных неразрезных балок, дающие равные значения опорных реакций при нагружении равномерно распределенной нагрузкой, получены следующие значения:

Для балки с четырьмя пролетами 0,223-0,277-0,277-0,223.

Для балки с пятью пролетами 0,1742-0,2172-0,2172-0,2172-0,1742.

Для балки с шестью пролетами 0,143-0,178-0,178-0,178-0,178-0,143.

Для балки с семью пролетами 0,1245-0,148-0,153-0,149-0,153-0,148-0,1245.

Для балки с восемью пролетами 0,106-0,131-0,132-0,131-0,131-0,132-0,131-0,106.

Для балки с девятью пролетами 0,098-0,111-0,119-0,112-0,120-0,112-0,119-0,111-0,098.

Для балки с десятью пролетами 0,084-0,104-0,104-0,104-0,104-0,104-0,104-0,104-0,104-0,084.

Значения пролетов приведены в долях от полной длины неразрезной балки. Результаты расчета балок с оптимизированными пролетами представлены на рисунке 2.

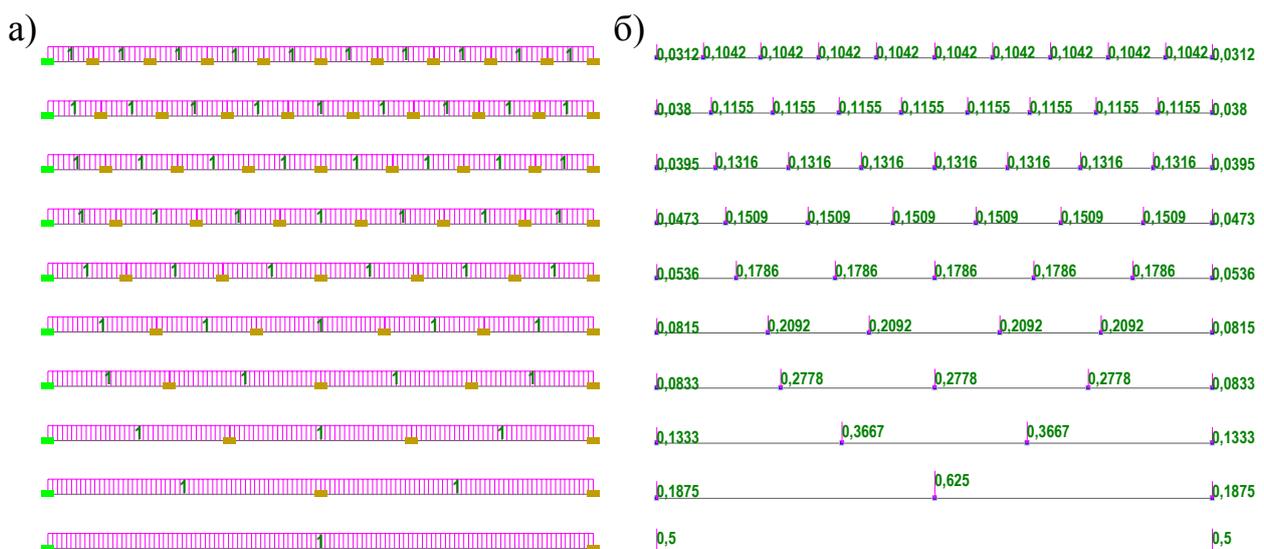


Рисунок 2 – Неразрезные балки с оптимизированными пролетами:

а) расчетные схемы неразрезных балок; б) результаты расчета опорных реакций

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что опорные реакции промежуточных опор многопролетных неразрезных балок с числом пролетов от 4 до 10 при оптимизированных значениях пролетов стали совершенно одинаковыми (при числе равных по длине пролетов 2 и 3 одинаковые опорные реакции получаются автоматически).

При числе пролетов 4 разница между максимальной опорной реакцией неразрезной балки с пролетами равной длины и балки с оптимизированными длинами пролетов составляет 3,0%. Разница опорных реакций первой и последней опор составляет 15,0%

При числе пролетов 5 эта разница составляет 8,0% и 3,2%. При числе пролетов 6 разница составляет 5,8% и 18,8%. При числе пролетов 7 разница составляет 7,4% и 15,5%.

При числе пролетов 8 разница составляет 7,9% и 17,0%. При числе пролетов 9 разница составляет 9,1% и 13,6%.. При числе пролетов 10 разница составляет 8,4% и 20,0%.

Таким образом, использование оптимального расположения прогонов на покрытиях одноэтажных производственных зданий позволит добиться существенной экономии металла.

#### **Библиографический список:**

1. ГОСТ 24045-2016. Профили стальные листовые гнутые с трапециевидными гофрами для строительства. Технические условия. М.: Стандартиформ, 2016г.
2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. М.: ОАО ЦПП, 2011.
3. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81. М.: ОАО ЦПП, 2017.