

физико-механических характеристик материалов каркаса и основания. Модель позволяет реализовать и возможные включения (слои) в основании с особыми механическими характеристиками.

Исследуемая система является многопараметрической. Варьирование параметрами проекта позволит найти экономически целесообразное решение. Для поиска оптимального конструктивного решения можно использовать все возможные методы и способы оптимального проектирования.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рычков С. П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran. – М.: ДМК Пресс, 2013. – 784 с.
2. Шимкович Д. Г. FEMAP & NASTRAN. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 701 с.
3. Сычкина Е. Н., Антипов В. В., Офрихтер Я. В. Численные исследования работы забивной сваи на аргиллитоподобных глинах. М.: Вестник МГСУ. Том 14. Выпуск 2. 2019. – С. 188–198.
4. Ильичев, В. А., Мангушев, Р. А. и др. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Москва: Изд-во АСВ, 2016. – 1031 с.

УДК 624.04

#### **ОБЗОР ПЛИТ ПОКРЫТИЯ «НА ПРОЛЕТ» И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИХ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗГИБУ**

*ГРИНЁВ В. В., МАДАЛИНСКИЙ Г. Г.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** С 2020 года планируется ввод в учебный процесс кафедры строительные конструкции расчет плит «на пролет» для студентов специальности ПГС. В данной статье рассмотрены отличия в результате расчета плит «на пролет» по нормам, действующим с 1974 года (СССР) и расчета при помощи современного программного комплекса, реализующего общий деформационный метод.

В качестве анализируемого источника принята книга: «Конструкции покрытий из элементов длиной «на пролет», Москва 1974 г. [1].

**Обзорная часть.** В мировой строительной практике для покрытия одноэтажных промышленных зданий применяются плиты длиной на пролет, которыми перекрываются пролеты длиной более 30 м.

Эти плиты получили широкое распространение из-за довольно большой сжатой зоны при относительно маленькой растянутой. Как мы знаем бетон хорошо работает на сжатие и плохо – на растяжение, что в данных плитах учтено.

Плиты «на пролет» – сравнительно новое, прогрессивное конструктивное решение. Эти плиты перекрывают большой пролет здания, не требуют стропильных балок или ферм, они сразу опираются на подстропильные (продольные) балки или фермы, уложенные по колоннам. Пролет продольных подстропильных конструкций, как правило, равен 12 м по средним рядам колонн и 6 м – по крайним рядам. Опираемость на подстропильные конструкции может быть поверху или понизу.

В данных плитах чаще всего используется арматура марки АIV. Поскольку нагрузка на перекрытие распределяется по всей его площади, исходя сверху, основные растягивающие напряжения испытывает нижний слой арматуры, который и является рабочим в этом направлении. Верхний же армирующий слой получает нагрузку на сжатие. В основном при армировании плит используют арматурные пряди или отдельные стержни.



Рис. 1. Армирование пучками и отдельными стержнями

Плиты «на пролет» могут иметь различное очертание. За рубежом наиболее часто применяются плиты типов Т и 2Т. Кроме того, в Германии используют гиперболические панели, складчатые панели трапециевидного сечения, в Румынии – панели сводчатого типа. В странах СНГ наиболее детально разработаны плиты КЖС, 2Т и П-образные.

В данной статье рассмотрим 4 вида плит: КЖС, «2Т», «П», гиперболическая.

**Плиты КЖС** имеют 3 типоразмера: основной – для зданий с нулевой привязкой колонн крайних рядов и 2 дополнительных, с одной и двумя консолями по торцам – для зданий с привязкой 250 мм. Плиты типа КЖС применяются при пролетах 18 и 24 м взамен стропильных конструкций и укладываются на подстропильные конструкции. Плиты имеют П-образное поперечное сечение, из пологого тонкостенного цилиндрического свода – оболочки толщиной 30 мм, двух продольных ребер – диафрагм и двух торцовых поперечных ребер. Высота диафрагм и поперечных ребер изменяется в зависимости от пролета плиты. В опорных зонах диафрагм устанавливаются дополнительные сварные каркасы. Для обеспечения трещиностойкости опорных сечений устанавливаются сварные сетки из проволочной арматуры.

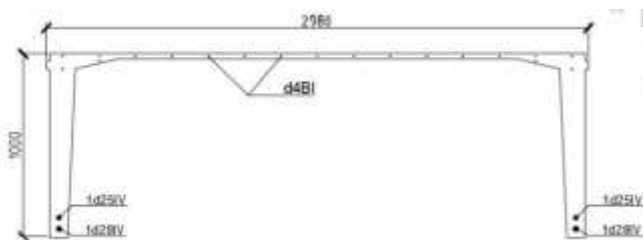


Рис. 2. Поперечное сечение плиты КЖС

**Плиты 2Т** разработаны для малоуклонной кровли (уклон 1 : 30) с полкой переменной толщины и ребрами по контуру плиты.

Укладывают плиты на стропильные и подстропильные конструкции. Их можно использовать в районах с различной снеговой нагрузкой, в зданиях с мостовыми кранами и подвесным транспортом в условиях слабой и среднеагрессивной газовой среды. Они обеспечивают устойчивость верхних сжатых поясов стропильных и подстропильных конструкций, через них нагрузка с торца здания передается на продольные ряды колонн.

Плита «2Т» состоит из двух продольных предварительно напряженных ребер и полки. Толщина полки таких плит может достигать 50 мм, развитая сжатая зона позволяет уменьшить высоту продольных ребер по сравнению с плитами П-образного поперечного сечения. Незначительные изгибающие моменты в поперечном направлении плиты дают возможность отказаться от поперечных ребер,

что существенно упрощает конструкцию и технологию изготовления плит.

Недостатком этих плит следует считать несовпадение их ребер с узлами верхнего пояса ферм, что вызывает местный изгиб верхнего пояса. Поэтому плиты «2Т» чаще опирают на балки и арки. Значительные трудности возникают и при сопряжении плит между собой в покрытии. Эти и некоторые другие недостатки ограничивают применение таких плит, особенно в районах с большими снеговыми нагрузками.

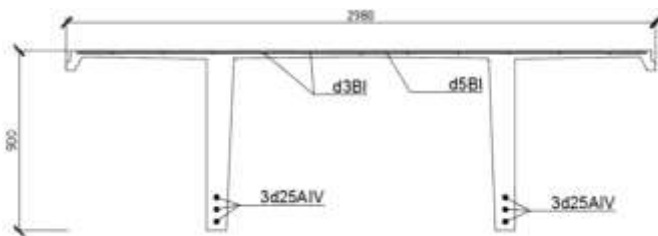


Рис. 3. Поперечное сечение плиты 2Т

П-образные плиты разработаны двух типов: с полкой переменной толщины и с поперечными ребрами. Плиты предназначены для покрытий с малоуклонной кровлей.

Плиты П-образные демонстрируют прекрасные характеристики и небольшой вес, используются в прокладке водопроводов, теплосетей, возведении производственных зданий, объектов частного домостроения. Стандартные П-образные плиты перекрытия, рассчитанные на большие нагрузки, выполняются из бетона высокого качества с обязательным армированием. Особенность конструкций описываемого типа – наличие ребер, которые обычно располагаются в одном/двух направлениях по плоской поверхности. Благодаря П-образной форме удается добиться максимальной прочности при воздействии изгибающей нагрузки, но значительно уменьшить вес. Правда, неровная форма ограничивает использование изделия – в частном строительстве плиты выбирают только для обустройства подвалов и чердаков, часто – гаражей.

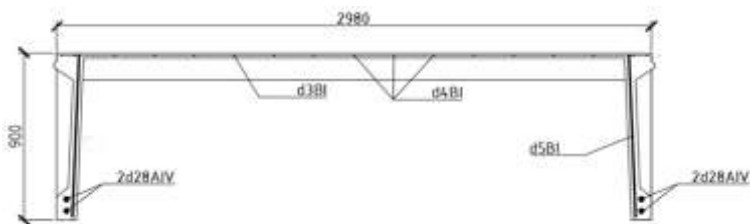


Рис. 4. Поперечное сечение плиты «П»

Гиперболическая плита – пространственная конструкция, у которой верхняя и нижняя поверхности криволинейны, а расстояния между ними так малы, что отношение толщины конструкции к радиусу ее кривизны составляет от 1/20 до 1/1000.

Для покрытий производственных зданий чаще всего используют оболочки положительной кривизны; в покрытиях общественных, спортивных и других сооружений – нередко висячие оболочки отрицательной кривизны. Рассмотрим примеры устройства наиболее распространенных покрытий. Сборные железобетонные покрытия в виде цилиндрических оболочек наиболее эффективно устраивать из крупноразмерных (длиной на пролет) сводчатых панелей, выполняющих одновременно функции плит покрытия и стропильных ферм.

Плиты-оболочки устанавливают на подстропильные фермы и крепят к ним, приваривая закладные детали к опорным пластинам на верхнем поясе ферм

Применение таких конструкций покрытия упрощает монтаж каркасов зданий: после установки, выверки и закрепления колонн монтируют подстропильные фермы; в том же потоке устанавливают панели-оболочки покрытия. Конструкции стропят и устанавливают традиционными способами. Цилиндрические оболочки делают также и сборными из ребристых плит размером  $3 \times 6$  м, укрупняя их в монтажные секции  $3 \times 18$  м (по три плиты в секции) и устанавливая на стропильные конструкции.

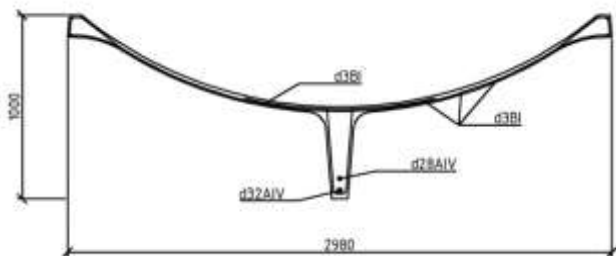


Рис. 5. Поперечное сечение гиперболической оболочки

**Расчетная часть.** С использованием программного комплекса «Бета» были выполнены расчетные поперечные сечения указанных плит рис. 6. По результатам расчета определены значения максимального изгибающего момента в каждой ранее рассмотренной плите и пересчитана полезная нагрузка.



Рис. 6. Расчетное поперечное сечение гиперболической оболочки, с эпюрой напряжений

**Выводы.** Проанализировав данные таблицы, делаем вывод, что плиты КЖС, «2Т», «П» могут выдержать гораздо большую нагрузку, в сравнении с результатами расчетов 1974 года. Расчетные значения гиперболической плиты практически совпали со значениями, принятыми для сравнения. Разность в значениях можно объяснить погрешностями в расчетах. Так как при использовании программных комплексов, реализующих деформационный метод, достигается высокая точность и скорость вычислений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструкции покрытий из элементов длинной на пролет. Анализ технических решений и предположения по областям применения / Кутухтин Е. Г. [и др.]. – Москва, 1974 г. – 75 с.
2. Электронный ресурс. – <http://stroyproizvodstvo.ru/konstrukcii-pokrytij-s-primeneniem-plit-na-prolet/>.

УДК 624.014

### **ВЛИЯНИЕ ЗАЗОРА МЕЖДУ СОЕДИНЯЕМЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

*ДАВЫДОВ Е. Ю., БОНДАРОВИЧ А. И.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

В данной статье рассматриваются сварные соединения с применением только угловых сварных швов. В процессе изготовления стальных конструкций, как правило, не всегда удается обеспечить плотное касание элементов в тавровых, нахлесточных и угловых соединениях. Согласно нормативным документам по сварным соединениям зазор между соединяемыми элементами в зависимости от вида сварки и толщины соединяемых элементов может достигать 3 мм. В то же время, в документах по расчету сварных соединений наличие зазора никоим образом не учитывается.

На рис. 1 приведена схема расчетных сечений сварного соединения с угловым швом, используемая в [1, 2]. Сечение по наплавленному металлу обозначено символом « $f$ », а сечение по границе сплавления – символом « $Z$ ». Сечение по наплавленному металлу направлено перпендикулярно гипотенузе прямоугольного треугольника, вписанного во внешнюю часть сварного шва, а сечение по границе сплавления проходит через точки пересечения сварным швом поверхностей соединяемого элемента.