

Прикладные аспекты применения расчетного комплекса для моделирования многопустотного монолитного перекрытия

С.В. Овчинникова

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, г. Краснодар

Аннотация: В статье рассмотрены прикладные аспекты применения расчетного комплекса для моделирования многопустотных монолитных плит перекрытия. В исследовании применен программный комплекс ЛИРА-САП. Численный эксперимент доказал, что более эффективным является применение многопустотных плит перекрытия, нежели применение безбалочных перекрытий.

Ключевые слова: конструктивная схема, программный комплекс, перекрытие, здание, многопустотная плита, расчет, трудоемкость, проектирование.

В качестве объекта исследования принята модель многопустотного монолитного перекрытия, для которого имеются экспериментальные данные о несущей способности и деформациях конструкции под действием нагрузки.

Для плоских облегченных плит может быть использована общая теория расчета плит, при условии снижения нагрузок собственного веса и жесткости, в силу чего для подбора арматуры в сечении могут быть применены возможности закладки «Конструирование» программы ЛИРА-САПР.

Толщину плоских плит перекрытий сплошного сечения рекомендуется принимать не менее 16 см и не менее $1/30$ длины наибольшего пролета и не более 25 см. В таблице 1 приведены общие характеристики плит перекрытий.

Для плит сплошного сечения с пролетом более 8 метров рассмотрено 2 варианта: первый - высота сечения равна $1/30$ пролета; второй - высота сечения пролета 25 см.

При конструировании плит не учтены вопросы обеспечения прочности плиты на продавливание, в дальнейшем не учтен расход бетона на капители и расход стали на поперечное армирование.

Таблица 1

Характеристики плит перекрытий

Пролет L м	S плиты сплошного сечения $h_{ст}$ м	S плиты пустого сечения $h_{пуст}$ м
6	0,2	0,24
7	0,23	0,28
8	0,25/0,27	0,32
9	0,25/0,3	0,35
10	0,25/0,33	0,42
11	0,25/0,37	0,48
12	0,25/0,40	0,46
13	0,25/0,43	0,50
14	0,25/0,46	0,54
15	0,25/0,50	0,58

Расчетная схема приведена на рисунке 1, в ней нет абсолютно жестких тел, которые формируют площадь опирания многопустотных плит перекрытия на колонны.

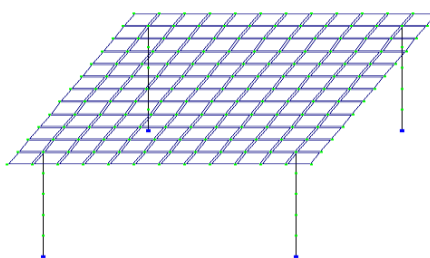


Рис. 1. – Схема расчетная

Шаг и диаметр фоновой арматуры установлен, исходя из необходимой площади армирования по всей площади плиты перекрытия. Для определения потребности арматуры определение локальных зон усиления не рассматривалось. В случае проектирования безбалочного сплошного перекрытия с капителями, их прогиб оказывается несколько ниже, чем полученный по результатам эксперимента, за счет уменьшения тонкой гнущейся части, однако, собственный вес перекрытия и расход арматуры на

него только повышается. Показатели численных экспериментов приведены на рисунках 2- 4.

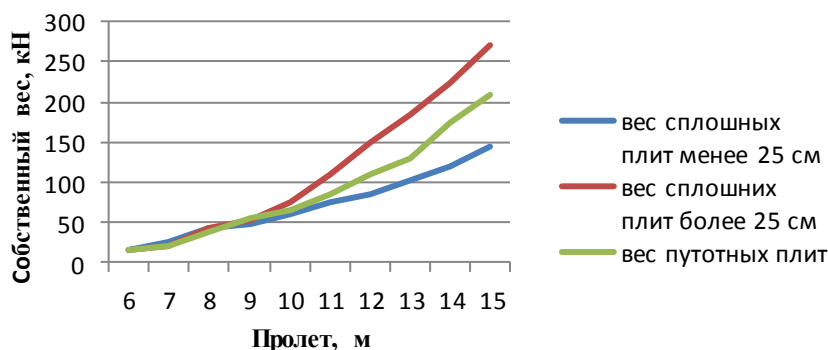


Рис. 2. - Определение собственного веса плит перекрытий в зависимости от величины пролета

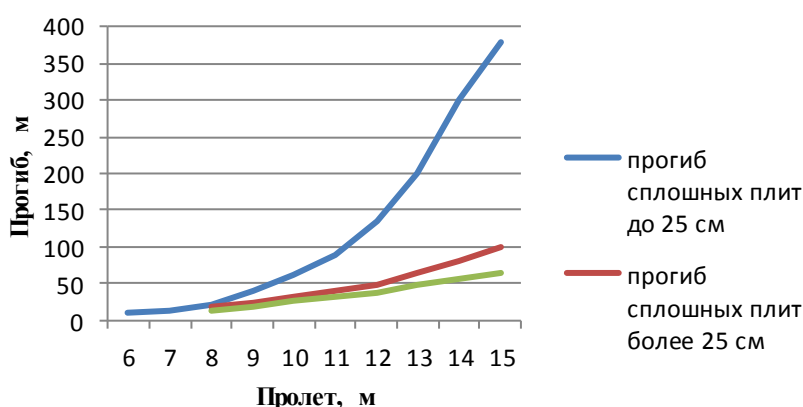


Рис. 3. – Определение зависимости прогиба плит перекрытий от величины пролета

Выполнено сравнение вычисленных прогибов перекрытий с допустимыми значениями. Значения предельных прогибов приняты, согласно критерию эстетико-психологических требований, а также конструктивным ограничениям, связанным с наличием на перекрытиях элементов, подверженных растрескиванию. Чрезмерные прогибы плит перекрытий могут приводить к повреждениям потолков, чистовых полов и других элементов отделки.

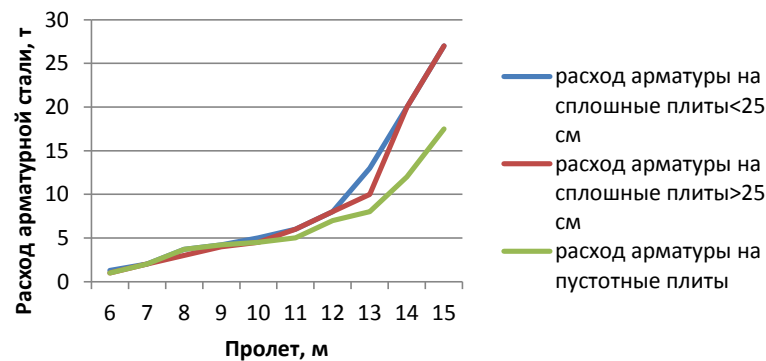


Рис. 4. - Определение зависимости расхода арматурной стали от величины пролета

Требования, связанные с возможным расположением перегородок под перекрытиями, не учитываются, так как возможны иные конструктивные решения, позволяющие не допустить уменьшения зазора между несущими элементами конструкций и перегородками, расположенными под элементами. Сведения о максимальных допустимых прогибах приведены в таблице 2.

Таблица 2

Максимальные прогибы

Пролет L м	Максимальный прогиб (эстетико-психологические ограничения) мм	Максимальный прогиб (конструктивные ограничения) мм
6	30	40
7	33	46,67
8	36	53,33
9	39	60
10	42	66,67
11	45	73,33
12	48	80
13	50,7	86,67
14	53,3	93,3
15	56	100

Из представленных графиков видно, что при пролетах 10 метров и более собственный вес облегченных пустотных плит становится больше веса тонких сплошных плит высотой до 25 см без учета капителей. Однако, при достижении длины пролета 10 метров прогибы тонких плит перекрытий высотой до 25 см становятся больше предельных, соответственно их применение недопустимо. При пролете более 11 метров требованиям ограничению максимальных прогибов перестают удовлетворять и сплошные плиты высотой $h=L/30$.

Согласно графику 4, при этом же пролете расход арматуры на пустотное перекрытие оказывается меньшим, чем сплошных плит. Таким образом, при пролете 10 метров и более, использование облегченных плит перекрытий не только позволяет обеспечить требуемую жесткость, но и повышает экономическую эффективность применяемых конструкций.

Можно отметить, что пустотные плиты, с характеристиками сечения принятыми, при пролете 14 и 15 метров, также имеют прогибы больше предельных. Однако, превышение допустимых значений не столь существенно, как для сплошных плит, снижение перемещений может быть достигнуто за счет увеличения сечения колонн и/или сплошных участков вблизи опор, или незначительного увеличения толщины перекрытия.

При увеличении пролета расход арматурной стали уменьшается, а при пролете около 10 метров, расход арматуры для пустотных плит и для сплошных плит перекрытия практически одинаковый. При пролете 13 метров и более разница в принятых диаметрах армирования составляет более одной строки стандартного сортамента арматурных стержней.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что при использовании многопустотных плит перекрытия достичь значительного экономического эффекта возможно, если:

- расход бетона на пустотное перекрытие меньше расхода бетона на сплошное перекрытие при пролетах > 10 м.;

- расход арматурной стали на пустотное перекрытие ниже расхода на сплошное перекрытие при пролетах > 13 метров;

Следовательно, с увеличением пролетов, эффективность применения пустотных монолитных плит растет. Понижение затрат стали при применении пустотных плит составит $>35\%$.

Необходимой прочности и жесткости перекрытий можно достигнуть при увеличении сечений или армировании элементов.

Проведенное исследование с использованием программного комплекса ЛИРА-САПР позволило определить эффективность применения многопустотных монолитных плит перекрытия, в отличие от безбалочных перекрытий.

Литература

1. Овчинникова С.В., Присс О.Г. Исследование повреждений жилищного фонда в г. Невинномысске // Вестник СевКавГТИ, 2015. № 4 (23), С. 165-168.

2. Викторова А.О., Афанасьев А.С., Муттагирова Д.М., Гармаш Н.А., Дубинин Д.А. Метод расчёта и конструирования плиты перекрытия стилобатной части монолитного здания в программном комплексе «ЛИРА САПР». 2013. // Инженерный вестник Дона, 2019. №5. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5990.

3. Кузнецов В.С., Максяшкина Е. А., Шапошникова Ю. А. Прогибы монолитного безбалочного перекрытия с постнапряжением при различных соотношениях сторон ячейки плиты // Инженерный вестник Дона, 2020. №2. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2020/6338.

4. Ovchinnikova S., Sekisov A., Abornev D., Kalinichenko M., Kalinichenko A. Optimizing the temperature stress for the furnace volume of a

fire-tube boiler // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021. Т. 1259 AISC. С. 601-610.

5. Калиновская Н.Н., Котов Д.С., Щербицкая Е.В. Аналитические зависимости и методика проектирования современных составов бетона многопустотных плит перекрытия // *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки*, 2018. № 8, С. 43-48.

6. Kalinichenko M.Y., Stojanov N.I., Abornev D.V., Ovchinnikova S.V. Optimization of the regeneration of the sodium-cation ion-exchange filter // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 3, Applied and Fundamental Research Dedicated to the 75th Anniversary of Professor Abdul-Hamid Mahmoudovich Bisliyev. Сер. "3rd International Symposium on Engineering and Earth Sciences, ISEES 2020" 2020. С. 012034.

7. Барков Ю.В., Захаров В.Ф. Крестообразные петли для железобетонных многопустотных плит перекрытий безопасного стендового изготовления // *Жилищное строительство*. 2008. № 10. С. 24-27.8.

8. Результаты контрольных испытаний многопустотных предварительно напряженных плит перекрытий стендового безопасного формования // *Научно-технический вестник Поволжья*. 2011. №5 . С. 89-92.

9. Краснощекоев Ю.В. Живучесть зданий со сборными железобетонными перекрытиями // *Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета*. 2017. № 4-5 (56-57). С. 107-116.

10. Овчинникова С.В., Плахотнюк Е.Н. Обоснование применения облегченных многопустотных плит перекрытий // *Актуальные проблемы инженерных наук*. Ставрополь: Издательский дом «Тэсэра», 2019. С. 222-228.

References

1. Ovchinnikova S.V., Priss O.G. Vestnik SevKavGTI. 2015. № 4 (23), P. 165-168.
2. Viktorova A.O., Afanasyev A.S., Muttagirova D.M., Garmash N.A., Dubinin D.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №5. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2019/5990.
3. Kuznetsov V.S., Maksyashkina E. A., Shaposhnikova Yu. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №2. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2020/6338
4. Ovchinnikova S., Sekisov A., Abornev D., Kalinichenko M., Kalinichenko A. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. V. 1259 AISC. pp. 601-610.
5. Kalinovskaya N.N., Kotov D.S., Shcherbitskaya E.V. Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki, 2018. № 8. pp. 43-48.
6. Kalinichenko M.Y., Stojanov N.I., Abornev D.V., Ovchinnikova S.V. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. ISEES 2020" 2020 pp. 012034.
7. Barkov Yu.V., Zakharov V.F. ZHilishchnoe stroitel'stvo. 2008. № 10. pp. 24-27.8.
8. Voronov V.I., Mikhailov V.V., Roschina S.I. Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya. 2011. №5. pp. 89-92.
9. Krasnoshchekov Yu.V. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta. 2017. № 4-5 (56-57). pp. 107-116.
10. Ovchinnikova S.V., Plahotniuc E.N. Aktual'nye problemy inzhenernyh nauk. Stavropol': Izdatel'skij dom «Tesera», 2019. pp. 222-228.