

О РАСЧЕТЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И СОПОСТАВЛЕНИЕ ИХ РЕЗУЛЬТАТОВ С ДАННЫМИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Научный руководитель – Зулпуев Абдувап Момунович

Асанова Сакина Алимбековна

Аспирант

Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры

им. Н. Исанова, Бишкек, Киргизия

E-mail: sakina1485@mail.ru

Для определения несущей способности железобетонных конструкций, учитывающей особенности их работы в составе несущих элементов многоэтажного здания и сооружения, реализован алгоритм и программа расчета на вычислительной технике. Методика и алгоритм программы позволяют рассчитывать железобетонные конструкции, при различных граничных условиях закрепления.

Особенности расчетной методики и алгоритм программы заключаются в том, что наряду с нелинейными свойствами железобетонных конструкций, они позволяют учесть влияние на работу мембранных усилий по высоте сечения железобетонной конструкций.

Алгоритм программы «DISK» построен таким образом, что для расчета на вычислительной технике применяет следующие исходные данные железобетонной конструкции многоэтажных зданий и сооружений:

- количество дискретных элементов метода сосредоточенных деформаций для железобетонной конструкций по осям X и Y;
- геометрические размеры дискретных элементов метода сосредоточенных деформаций железобетонной конструкций по осям X и Z;
- физические и геометрические характеристики материалов (бетона и арматуры) для железобетонных конструкций;
- условия закрепления на опорах железобетонных конструкций и действия мембранных усилий по высоте сечения для железобетонной конструкций;
- максимальное число итерационных процессов для вычисления;
- точность сходимости итерационного процесса решения;
- шаг возрастания от действия внешних нагрузок.

Главные специфики расчетной методики заключаются в том, что наряду с упругим пластическим состоянием железобетона, позволяют учесть влияние на работу железобетонных конструкций мембранных усилий по высоте сечения конструкций [1,2].

Определение эксцентриситета e приведено на рисунке 1 и 2. Из этого следует, что P_{\min} получается при $e = -h/4$. Например, по методу сосредоточенных деформаций при нагрузке $P_{\text{МСД}} = 64,0$ кН, вычисленных при $e = -h/4$, составляют от опытного с учетом собственного веса и загрузочных устройств, равных $P_{\text{оп}} = 68,0$ кН, на 6,0 %; а также реализован расчет железобетонных конструкций при различных граничных условиях закрепления на опорах. Из рисунков видно, что при нагрузке $P_0 = 5,0$ кН и $P_0 = 5,5$ кН для каждого элемента получены эпюры напряжений, изгибающих моментов и прогибов, они между собой хорошо согласуются, расхождения составляют в пределах 0,1- 0,2 %.

В данном исследовании была принята схема разбивки в плане железобетонных плит перекрытий размером на 6'6 и 7'8 элементов в направлениях по оси X и Z. Для определение прочности и достоверности расчетной методики по программе «DISK» были

произведены расчеты железобетонных конструкций, испытанных Зулуевым А.М. [1,2,3] и при его участии, а также натурным плитам перекрытий, опертых по контуру, испытанных другими исследователями.

При расчете приращение внешних нагрузок соответствовало по ступеням от воздействия внешней нагрузки экспериментальных исследований. В качестве результатов расчета сборных железобетонных плит перекрытий определены перемещения ($w_k, u_k, j_k, b_k, a_k, c_k$), внутренние усилия ($N_k, M_k, Q_k, M_k, H_k, Q_k$) для каждого элемента метода сосредоточенных деформаций и деформаций элементарных участков, на которые разбивается сечение по высоте и ширине каждого рассматриваемого элемента.

Рисунок 1. Эпюры напряжений, моментов и прогибов железобетонных конструкций ($e = h/2$ и $P_0 = 5.0$ кН)

Расчет железобетонных конструкций, с учетом мембранных усилий осуществлялся в 2-х этапа. На первом этапе в расчет вводились только упругие характеристики материалов. Вычисленные перемещения по методу сосредоточенных деформаций сравнивались с результатами эксперимента и расчета по теории упругости. При нагрузке на точку $P_0 = 2,0$ кН, которая соответствовала упругой стадии работы железобетонных конструкций с учетом мембранных усилий, перемещений по методу сосредоточенных деформаций получился $f_{МСД} = 0,271$ мм, а по теории упругости $f_{СМ} = 0,294$ мм.

Необходимо отметить, что схемы нагрузки имели различный характер: по методу сосредоточенных деформаций расчет велся на действие четырех сосредоточенных сил, а по теории упругости принимались равномерно распределенные нагрузки конструкции [4]. Согласно вышеизложенного следует отметить, что результаты перемещений, хорошо согласуются с экспериментальными и теоретическими данными. При этом расхождение составляет 7,8 %. В результате данного уровня от воздействия внешней нагрузки опытный прогиб равен $f_{оп} = 0,28$ мм, это по отношению $f_{МСД}$ составляет 3,3 %, а по отношению $f_{СМ}$ - 5,0 %. Расчет по методу сосредоточенных деформаций определен при мелком шаге разбивки - на 12 и 14 элементов; в перемещение железобетонных конструкций без мембранных усилий $f_{МСД} = 0,7363$ мм и $f_{СМ} = 0,7346$ мм, расхождение составляет 0,23 %.

Рисунок 2. Эпюры напряжений, моментов и прогибов железобетонных конструкций ($e = h/4$ и $P_0 = 5.5$ кН)

В железобетонных плитах перекрытий, без мембранных усилий при нагрузке $q = 5,0$ кН/м² перемещение равно $f_{МСД} = 0,678$ мм, а по теории упругости $f_{СМ} = 0,712$ мм, расхождение составляет 4,8 %.

Для данного уровня нагрузки опытное перемещение равно $f_{оп} = 0,618$ мм по отношению $f_{МСД}$ - 8,8 %. На втором этапе, для расчета принималась нелинейная стадия работы железобетонных плит перекрытий, многоэтажных зданий и сооружений. Учет неупругой стадии работы железобетонных плит перекрытий, сказывается на следующей же ступени от воздействия внешней нагрузки. Например: нелинейная зависимость на рисунке 4 и 5, при $P = 20$ кН и $P = 40$ кН прямо показывают на область пластических деформаций железобетонных конструкций. Проанализируем результаты нелинейного расчета железобетонных конструкций при жестком закреплении на опорах по программе «DISK». Максимальная нагрузка, достигнутая в процессе постепенного увеличения, в процессе расчета на вычислительные техники по программе «DISK» оказалась равной $Q = 26,12$ кН/м², что отличается от опытной $Q = 25,76$ кН/м² на 1,4 %, а также определенной по методу

предельного равновесия $Q = 24,11 \text{ кН/м}^2$ на 8,4 %. Отсюда можно сделать вывод, что методика нелинейного расчета железобетонных конструкций, при кратковременных нагрузках дает хорошие результаты по несущей способности.

Из рисунка 3 и 4 следует, что перемещение железобетонных конструкций, в середине пролета хорошо согласуется с экспериментальными данными. Вместе с тем вычисленные перемещения больше экспериментальных, что свидетельствует о значительном запасе прочности и жесткости железобетонных конструкций соответственно проведенного расчета по методу сосредоточенных деформаций.

Рисунок 3. Изменение перемещения в середине пролета железобетонных конструкций

Рисунок 4. Изменение нормальных усилий сборных железобетонных плит перекрытий

Следовательно, расчеты по программе «DISK» железобетонных плит перекрытий (рис.5), показали, что при обеспечении реальных условий закрепления на опорах железобетонных плит перекрытий в многоэтажных зданиях и сооружениях, учет мембранных усилий увеличивает несущую способность и жесткость.

Отсюда следует, что результаты расчета экспериментального и теоретического исследования показали правильность принятой методики и обеспечили наглядность в дальнейшем теоретическом изучении железобетонных конструкций [5,6].

Рисунок 5. Изменение перемещения в середине пролета железобетонных конструкций

Использование алгоритма программ при расчете позволяет оценить напряженно-деформированное состояние во всех сечениях элементов железобетонных конструкций. Кроме того, согласно принятой дискретизации сечения, для каждой элементарной бетонной полоски и арматурных стержней вычисляются относительные деформации $\epsilon_b(\epsilon_s)$ и нормальные напряжения $s_b(s_s)$ для всех уровней нагрузки.

Источники и литература

- 1) Список литературы: 1.Додонов М.И., Зулпуев А.М., Джанкулаев А.Я. Эффект распора сборных сплошных плоских перекрытий в монолитных многоэтажных зданиях // В кн.: Тезисы докладов. – Фрунзе, 1990. – С. 78–80. 2.Зулпуев А.М. Влияние распора на работу статических неопределимых систем // Известия Ош ГУ. – 2005. № 1. – 2005. – С. 23–25. 3.Зулпуев А.М. Расчет балочных плит и плит перекрытий, опертых по контуру по методу сосредоточенных деформаций // Научно-технический журнал. ФерПИ. ФерПИ. Выпуск серии № 2. – 2004. – Фергана. – 2004. – С. 64–68 4. Абдыкеева Ш.С. Расчет изгибаемых железобетонных конструкций и их фрагментов методом сосредоточенных деформаций. – Бишкек: Вестник КРСУ, Том 17, №8, 2017. – с. 76-79. 5. Зулпуев А.М., Насиров М.Т., Абдыкеева Ш.С. Пространственная работа сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений. Монография. – Б.: - Айат, 2016. – 130 с. 6. Зулпуев А.М., Ордобаев Б.С., Абдыкеева

Ш.С. «Теоретические исследования предельного состояния фрагмента междуэтажного перекрытия на вертикальные нагрузки методом сосредоточенных деформаций». – Бишкек: Известия ВУЗов №11, 2014. – с. 18-21

Иллюстрации

УДК 624.012.45
О РАСЧЕТЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И СПОСОБЫ ИХ РЕГУЛИРОВАНИЯ С ЛАМИНАМИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Аннотация. В данной статье приводятся алгоритмы программы «DISK» для определения усилий, способных вызвать пластические деформации в конструкциях, состоящих из элементов жестко связанных между собой. Рассмотрены возможности использования программы «DISK» для расчета элементов жестко связанных между собой конструкций, состоящих из элементов жестко связанных между собой. Рассмотрены возможности использования программы «DISK» для расчета элементов жестко связанных между собой конструкций, состоящих из элементов жестко связанных между собой.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, метод сосредоточенных деформаций, расчет, деформация, нагрузка, прочность, устойчивость, расчетная нагрузка, расчетная деформация, расчетная прочность, расчетная устойчивость, расчетная нагрузка, расчетная деформация, расчетная прочность, расчетная устойчивость.

Для определения усилий, способных вызвать пластические деформации, учитывающей особенности их работы в составе несущих элементов многоэтажного здания и сооружения, программа позволяет рассчитывать, железобетонные конструкции, при различных граничных условиях закрепления.

Обоснованность расчетной программы и алгоритма программы обосновывается в том, что влияние на работу несущих элементов жестко связанных конструкций они оказывают незначительное влияние на работу несущих элементов жестко связанных конструкций, они оказывают незначительное влияние на работу несущих элементов жестко связанных конструкций, они оказывают незначительное влияние на работу несущих элементов жестко связанных конструкций.

Алгоритм программы «DISK» построен таким образом, что для расчета на вынужденной пластической деформации исходные данные железобетонной конструкции вводятся в программу в виде исходных данных.

- количество дискретных элементов метода сосредоточенных деформаций для железобетонной конструкции по осям X и Y;

- количество дискретных элементов метода сосредоточенных деформаций для железобетонной конструкции по осям X и Y;

- физическое и геометрическое характеристика материалов (бетона и арматуры) для железобетонных конструкций;

- условия закрепления на опоры железобетонных конструкций и действия мембранных усилий на вылете сечениях жестко связанных конструкций;

- максимальное число итерационных процессов для нахождения;

- шаг сокращения количества итерационных процессов;

- наличие сдвигающей расчетной мембраны, позволяющей учесть влияние на работу железобетонных конструкций мембранных усилий на вылете сечениях конструкций [1,2].

Описание алгоритма расчета приведено на рисунке 1 и 2. Из этого следует, что программа рассчитывает жестко связанные между собой конструкции жестко связанных между собой конструкций, состоящих из элементов жестко связанных между собой конструкций, состоящих из элементов жестко связанных между собой конструкций, состоящих из элементов жестко связанных между собой конструкций.

Рис. 1. sakina

при его участии, а также натурным плитам перекрытий, опертых по контуру, испытанных другими исследователями.

При расчете приращение внешних нагрузок соответствовало по ступени от воздействия внешней нагрузки экспериментальных исследований. В качестве результатов расчета сборных железобетонных плит перекрытий определены перемещения ($W_0, W_1, W_2, W_3, W_4, W_5$), внутренние усилия ($N_1, M_1, Q_1, M_2, N_2, Q_2$) для каждого элемента метода сосредоточенных деформаций и деформаций элементарных участков, на которые разбивается сечение по высоте и ширине каждого рассматриваемого элемента.

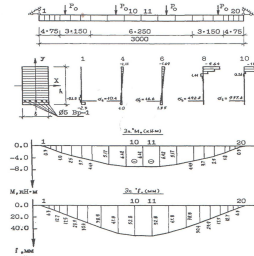


Рисунок 1. Эпюры напряжений, моментов и прогибов железобетонных конструкций ($\epsilon = h/2$ и $P_0 = 5,0$ кН)

Расчет железобетонных конструкций, с учетом мембранных усилий осуществлялся в 2-х этапах. На первом этапе в расчет вводились только упругие характеристики материалов. Вычисленные перемещения по методу сосредоточенных деформаций сравнивались с результатами эксперимента и расчета по теории упругости. При нагрузке на точку $P_0 = 2,0$ кН, которая соответствовала упругой стадии работы железобетонных конструкций с учетом мембранных усилий, перемещений по методу сосредоточенных деформаций получился $f_{бсд} = 0,271$ мм, а по теории упругости $f_{сд} = 0,294$ мм.

Необходимо отметить, что схемы нагрузки имели различный характер: по методу сосредоточенных деформаций расчет велся на действие четырех сосредоточенных сил, а по теории упругости принимались равномерно распределенные нагрузки конструкции [4]. Согласно вышеизложенного следует отметить, что результаты перемещений, хорошо согласуются с экспериментальными и теоретическими данными. При этом расхождение составляет 7,8 %. В результате данного уровня от воздействия внешней нагрузки опытный прогиб равен $f_{оп} = 0,28$ мм, что по отношению $f_{бсд}$ составляет 3,3 %, а по отношению $f_{сд} - 5,0$ %. Расчет по методу сосредоточенных деформаций определен при мелком шаге разбиения - на 12 и 14 элементов; в перемещение железобетонных конструкций без мембранных усилий $f_{бсд} = 0,7363$ мм и $f_{сд} = 0,7346$ мм, расхождение составляет 0,23 %.

Рис. 2. sakina

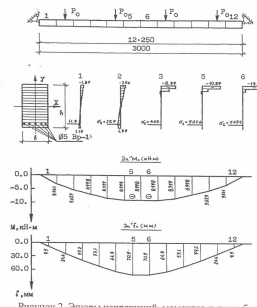


Рисунок 2. Эпюры напряжений, моментов и прогибов железобетонных конструкций ($\epsilon = h/4$ и $P_0 = 5,5$ кН)

В железобетонных плитах перекрытий, без мембранных усилий при нагрузке $q = 5,0$ кН/м² перемещение равно $f_{бсд} = 0,678$ мм, а по теории упругости $f_{сд} = 0,712$ мм, расхождение составляет 4,8 %.

Для данного уровня нагрузки опытное перемещение равно $f_{оп} = 0,618$ мм по отношению $f_{бсд} - 8,8$ %. На втором этапе, для расчета принималась нелинейная стадия работы железобетонных плит перекрытий, многоярусных зданий и сооружений. Учет неупругой стадии работы железобетонных плит перекрытий, сказывается на следующей же ступени от воздействия внешней нагрузки. Например: нелинейная зависимость на рисунке 4 и 5, при $P = 20$ кН и $P = 40$ кН прямо показывают на область нелинейных деформаций железобетонных конструкций. Проанализируем результаты нелинейного расчета железобетонных конструкций при жестком закреплении на опорах по программе «DISK». Максимальная нагрузка, достигнутая в процессе постепенного увеличения, в процессе расчета на вычислительные технике по программе «DISK» оказалась равной $Q = 26,12$ кН/м², что отличается от опытной $Q = 25,76$ кН/м² на 1,4 %, а также определенной по методу предельного равновесия $Q = 24,11$ кН/м² на 8,4 %. Отсюда можно сделать вывод, что методика нелинейного расчета железобетонных конструкций, при кратковременных нагрузках дает хорошие результаты по несущей способности.

Из рисунка 3 и 4 следует, что перемещение железобетонных конструкций, в середине пролета хорошо согласуется с экспериментальными данными. Вместе с тем вычисленные перемещения больше экспериментальных, что свидетельствует о значительном запасе прочности и жесткости железобетонных конструкций соответственно проведенного расчета по методу сосредоточенных деформаций.

Рис. 3. sakina

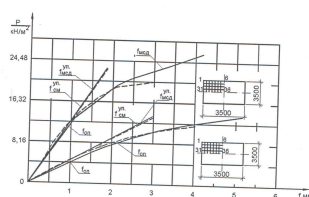


Рисунок 5. Изменение перемещения в середине пролета железобетонных конструкций

Использование алгоритма программы при расчете позволяет оценить напряженно-деформированное состояние во всех сеченных элементах железобетонных конструкций. Кроме того, согласно принятой дискретизации сечения, для каждой элементарной бетонной полоски и арматурных стержней вычисляются относительные деформации $\epsilon_s(\epsilon_s)$ и нормальные напряжения $\sigma_s(\sigma_s)$ для всех уровней нагрузки.

Список литературы:

1. Додонов М.И., Зулуев А.М., Давлатовичев А.И. Эффект распора сборных сплошных плоских перекрытий в монолитных многоярусных зданиях // В кн.: Тезисы докладов. – Фрунзе, 1990. – С. 78–80.
2. Зулуев А.М. Влияние распора на работу статически неопределимых систем // Известия ОшГУ. – 2005, № 1. – 2005. – С. 23–25.
3. Зулуев А.М. Расчет балочных плит и плит перекрытий, опираемых по контуру по методу сосредоточенных деформаций // Научно-технический журнал. ФерПИ. ФерПИ. Выпуск серии № 2. – 2004. – Фергана. – 2004. – С. 64–68.
4. Абдыкеева Ш.С. Расчет плитобетонных железобетонных конструкций и их фрагментов методом сосредоточенных деформаций. – Бишкек: Вестник КРСУ, Том 17, №8, 2017. – с. 76–79.
5. Зулуев А.М., Насиров М.Т., Абдыкеева Ш.С. Пространственная работа сборных железобетонных плит перекрытий многоярусных зданий и сооружений. Монография. – Б.: АИИТ, 2016. – 130 с.
6. Зулуев А.М., Ордобаев Б.С., Абдыкеева Ш.С. «Теоретическое исследование предельного состояния фрагмента междуэтажного перекрытия на вертикальные нагрузки методом сосредоточенных деформаций». – Бишкек: Известия ВУЗов №11, 2014. – с. 18–21

Рис. 4. sakina