

УДК 624.07+721.011

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/92/37>

## РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ, НЕСУЩИХ РАМНЫХ СИСТЕМ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

©Зулпуев А. М., SPIN-код: 4535-8450, д-р техн. наук, Ошский технологический университет им. М.М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан

©Асанова С. А., Баткенский государственный университет, г. Баткен, Кыргызстан

## CALCULATION OF REINFORCED CONCRETE ROD STRUCTURES OF BEARING FRAME SYSTEMS OF MULTI-STOREY BUILDINGS

©Zulpuev A., SPIN-code: 4535-8450, Dr. habil., Osh Technological University named by M.M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan

©Asanova S., Batken State University, Batken, Kyrgyzstan

*Аннотация.* В условиях ограниченности земельных ресурсов и все растущей их стоимости города не могут безмерно расплзаться вширь, они увеличиваются, и будут расти вверх за счет роста этажности жилых, гражданских и общественных зданий. С ростом этажности здания становятся сложными и ответственными инженерными сооружениями. В жилом и административном многоэтажном здании одновременно находятся тысячи людей, жизнь и благополучие которых зависят от знаний и умений проектировщиков и строителей. В связи с этим разрезка многоэтажного рамного каркаса на сборные элементы оказывает значительное влияние на технико-экономические показатели здания. От нее зависят масса, геометрические размеры, конфигурация сборных элементов, технологичность их изготовления и монтажа, а также количество монтажных единиц и их соединений, состав последних по функциональному назначению. В расчетах наиболее ответственной фазой является построение расчетных моделей для отдельных элементов и несущих систем в целом, в то же время расчетная модель должна быть элементарна и свободно реализуема с использованием вычислительной техники. На современном этапе методы расчетов, учитывающие трещинообразование и нелинейную податливость соединений на работу рам, недостаточно разработаны, а влияние эффекта разгрузки средней зоны сечений на особенность напряженно-деформированного состояния сечений не определено даже для стадии работы до образования трещин, вследствие нерешенности задачи по раскрытию внутренней статической неопределимости. Актуальным в данной статье является формирование дискретной расчетной модели в виде метода сосредоточенных деформаций и анализ его использования для расчета железобетонных стержневых конструкций несущих систем многоэтажных зданий.

*Abstract.* In the context of limited land resources and their ever-increasing cost, cities cannot expand immensely in breadth, they increase, and will grow upwards due to the growth in the number of storeys of residential, civil and public buildings. With an increase in the number of storeys, buildings become complex and responsible engineering structures. Thousands of people are simultaneously in a residential and administrative high-rise building, the life and well-being of one or the other openly depend on the knowledge and skills of designers and builders. In this regard, cutting a multi-storey frame frame into prefabricated elements has a significant impact on the technical and economic performance of the building. The mass, geometric dimensions, configuration of prefabricated elements, the manufacturability of their manufacture and installation,

as well as the number of assembly units and their connections, the composition of the latter but their functional purpose depend on it. In calculations, the most important phase is the construction of calculation models for individual elements and carrier systems as a whole, at the same time, the calculation model must be elementary and freely implementable using computer technology. At the present stage, calculation methods that take into account cracking and nonlinear compliance of joints to the operation of frames are not sufficiently developed, and the effect of the effect of unloading the middle zone of sections on the feature of the stress-strain state of sections has not been determined even for the stage of work before cracking, due to the unsolved problem of opening the internal static indefinability. The relevance of this article is the formation of a discrete calculation model in the form of the method of concentrated deformations and analytical, using it to calculate reinforced concrete bar structures of the load-bearing systems of multi-storey buildings.

*Ключевые слова:* нелинейная податливость, расчетная модель, рамный каркас.

*Keywords:* nonlinear compliance, calculation model, channel frame.

С ростом этажности здания становятся сложными и ответственными инженерными сооружениями. В жилом и административном высотном здании одновременно находятся тысячи народов, жизнь и благополучие тот или другой открыто зависят от познания и умения проектировщиков и строителей, осуществляющих предоставленные постройки [1].

Разрезка многоэтажного рамного каркаса на сборные элементы оказывает значительное влияние на технико-экономические показатели здания. От этого зависят масса, геометрические размеры, конфигурация сборных элементов, технологичность их изготовления и монтажа, а также количество монтажных единиц и их соединений. Опыт проектирования и строительства показывает, что разрезка сборных рамных каркасов наиболее рациональна если: сборные конструкции представляет линейные элементы в виде отдельных ригелей и колонн; соединения располагаются в удалении от узлов рамы, где действуют максимальные внутренние усилия, или в местах удобных для производства монтажных работ; количество монтажных элементов и соединений минимально. Выполнить одновременно все приведенные условия на практике невозможно, так как некоторые из них взаимно исключают друг друга. Невозможно разрезать раму так, чтобы сборные конструкции были линейными, а все соединения располагались в удалении от узлов. Стремление удовлетворить сочетанию тех или иных условий оказало влияние на появление различных схем разрезки многоэтажных железобетонных рам на сборные элементы (Рисунок 1, 2), которые можно объединить в следующие три группы: узловая разрезка; внеузловая (выносная) разрезка; линейная разрезка. На Рисунке 1 *a* показана узловая раздельная разрезка рамы на П-образные монтажные элементы с ригелями вставками, здесь ригели и колонны также разрезаются в узлах рамы, но функционально разделены друг от друга. Основным недостатком этой узловой разрезки является расположение соединений в узлах рамы, где действуют максимальные усилия. Разрезка каркаса на крестообразные элементы (Рисунок 1б), была применена при строительстве комплекса зданий курорта «Пицунда». Затем аналогичные конструкции применялись в Ташкенте, Алматы и других городах. В г. Бишкеке из крестообразных элементов построены восьмиэтажная гостиница и жилые девятиэтажные дома. Разрезка рамы на Н-образные элементы с двумя консолями применена ЦНИИЭП лечебно-курортных зданий при проектировании ряда крупных многоэтажных зданий, в том числе в сейсмических районах.

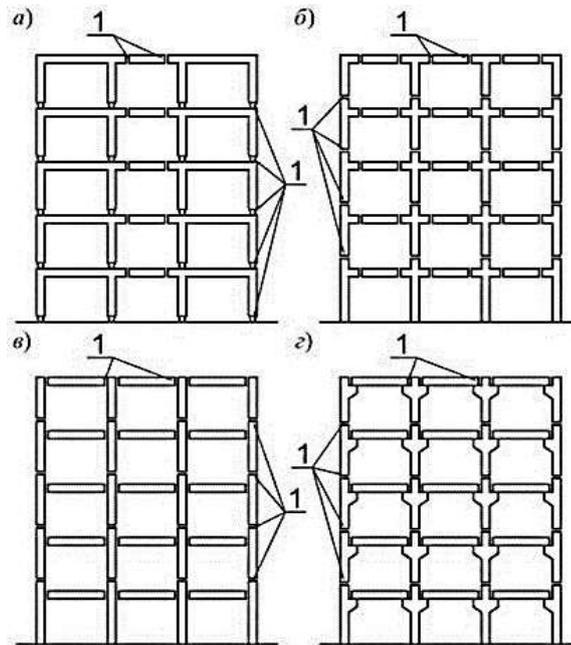


Рисунок 1. Схемы членения многоэтажных каркасов: а) – П-образные рамы с консолью, соединенные прямолинейными вставками; б) – крестообразные колонны, соединенные прямолинейными ригелями; в, г – линейная с колоннами на этаж и прямолинейными ригелями; 1-стык сборных железобетонных конструкций [4]

На Рисунке 1в,г показана совмещенная разрезка, при которой членение рам на сборные элементы совмещено в узле рамы. Сборные элементы представляют однопролетные ригели и одноэтажные колонны, соединения которых функционально и конструктивно совмещаются в узле. На Рисунке 2а б показана схема членения сборных железобетонных каркасов на составные элементы, т.е. на одноэтажные колонны и двух пролетные ригели, многоэтажные колонны и однопролетные ригели. На Рисунке 2б показана линейная разрезка рам. Ригели разрезаются в узлах рамы, а колонны — вне узлов на расстоянии 80-100 см выше уровня перекрытия. При этой разрезке сборные конструкции представляют технологичные в изготовлении линейные элементы — отдельные ригели и колонны, а в не узловое расположение соединений колонн обеспечивает удобный доступ к соединению при производстве монтажных работ, снижает величину изгибающего момента в стыке и способствует упрощению его конструкцию. Но соединения ригелей с колоннами расположены в узлах рам, где действуют максимальные усилия, не смотря на это, линейная разрезка получила наиболее широкое применение. Поэтому необходимы экспериментальные исследования соединений ригеля с колонной и влияние их на работу рамного каркаса. При укрупненной линейной разрезке количество монтажных единиц уменьшается, если колонны проектируют высотой на два и более этажей (Рисунок 2 б).

На Рисунке 2 в, г, д, е показана вне узловая разрезка рам. Здесь сборные конструкции представляют нелинейные крестообразные, П-образные, Н-образные, Т-образные и Г-образные элементы, а соединения располагаются в удалении от узлов. Применение в не узловых разрезах обусловлено стремлением максимально уменьшить количество монтажных единиц и их соединений расположить последние в удалении от узлов рамы, где действуют максимальные усилия. Соединения сборных конструкций четко дифференцируются по функциональному назначению — колонны соединяются с колоннами, а ригели — с

ригелями. Расположение их в местах действия незначительных изгибающих моментов, облегчает конструктивное решение.

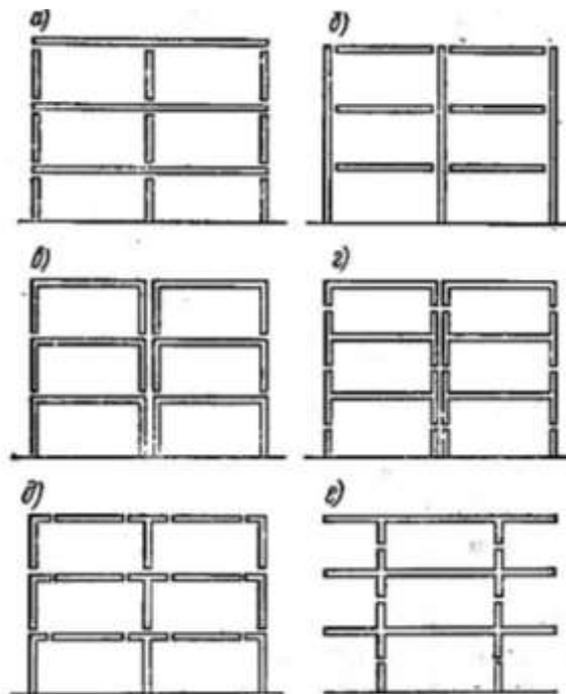


Рисунок 2. Схемы членения сборных железобетонных каркасов на составные элементы: а) – одноэтажные колонны и двух пролетные ригели; б) – многэтажные колонны и однопролетные ригели; в) – П-образные рамы; г) – Н-образные рамы; д) – тавровые и Г-образные колонны и ригели – вставки; е) – Н-образные рамы при консольной схеме [4]

Монолитность центральной зоны узлов каркаса, бетонирование которых производится в заводских условиях, повышает прочность и жесткость. Широкому применению в не узловой разрезки препятствуют присущие ему недостатки. Изготовление крестообразных и других, сложных по конфигурации сборных конструкций менее технологично — требуется более громоздкая опалубка, затруднена механизация изготовления элементов, увеличивается трудоемкость изготовления арматурных каркасов, не рационально используются производственные площади и камеры по термообработке заводов железобетонных изделий, при транспортировке и монтаже применяются специальные приспособления, для складирования необходимы большие площади. Усложняется монтаж сборных конструкций в связи с необходимостью обеспечить наводку и точную соосность по трем смежным сопряжениям. Поэтому такая разрезка не получила широкого распространения. Конструкция соединения ригеля с колонной должна обеспечивать: прочность и геометрическую неизменяемость здания при воздействии различных нагрузок как в период монтажа, так и при его эксплуатации; технологичность изготовления сборных конструкций в заводских условиях и их монтажа при возведении здания; экономичный расход материальных средств, трудовых и энергетических ресурсов при изготовлении сборных конструкций, их монтаже и эксплуатации [1, 2].

Наибольшее распространение в практике строительства получили, линейная разрезка рам, что обусловлено в основном преимуществами изготовления и монтажа сборных конструкций в виде отдельных ригелей и колонн. В связи с этим, в работе рассматриваются конструктивные решения соединений ригеля с колонной. Экспериментальные исследования выявили, омоноличенные сборно-монолитные соединения при нагружении обладают

нелинейной податливостью. Нелинейная податливость влияет на перемещения и распределения усилий в элементах рамного каркаса зданий, поэтому ее необходимо учитывать в расчетах при проектировании сборных рамных каркасов зданий [3-6].

Железобетонные рамные системы широко используются в качестве несущих и связевых каркасов зданий многообразной этажности. При нагружении рамной системы, в ригелях и колоннах образуются трещины, а в соединениях сборных элементов проявляется податливость. Настоящие факторы оказывать влияние на перемещение, перераспределение усилий и другие характеристики рамной системе. Несущие системы нынешних многоэтажных зданий создадутся, как правило, из стержневых железобетонных элементов, надежная работа отдельных элементов и их совокупности должна быть обеспечена расчетом на все нагрузки и воздействия в стадии изготовления, монтажа и эксплуатации.

В этих расчетах наиболее ответственной фазой является построение расчетных моделей для отдельных элементов и несущих систем в целом, в то же время расчетная модель должна быть элементарна и свободно реализуема с использованием вычислительной техники. Бетон не только упругопластичный, но и анизотропный материал с различной деформативностью и прочностью при растяжении и сжатии. Эти свойства при изгибе вызывают эффект разгрузки средней части сечения, обуславливая внутреннюю статическую неопределимость и особенность напряженно-деформированного состояния сечений железобетонных элементов как до, так и после образования трещин.

На современном этапе методы расчетов, учитывающие трещинообразование и нелинейную податливость соединений на работу рам, недостаточно разработаны, а влияние эффекта разгрузки средней зоны сечений на особенность напряженно-деформированного состояния сечений не определено даже для стадии работы до образования трещин, вследствие нерешенности задачи по раскрытию внутренней статической неопределимости. Актуальность данной работы является формирование дискретной расчетной модели в виде метода сосредоточенных деформаций и аналитические, использовании его для расчета железобетонных стержневых конструкций несущих систем многоэтажных зданий [1].

В практике проектирования и строительства многоэтажных каркасных зданий применяются различные схемы разрезки рам на сборные элементы, но наибольшее распространение получила узловая разрезка на линейные элементы, что обусловлено технологичностью изготовления и монтажа конструкций из линейных элементов отдельных ригелей и колонн. Нелинейная податливость влияет на перемещения и распределения усилий в элементах рамного каркаса зданий, поэтому ее необходимо учитывать в расчетах при проектировании сборных рамных каркасов зданий.

#### *Список литературы:*

1. Гулак Л. И., Ишкова О. С., Попова А. В. Конструктивные особенности гражданских каркасно-панельных зданий, подлежащих реконструкции // Вестник науки. 2019. Т. 3. №6 (15). С. 352-361.
2. Кожобаева С. Т. История развития строительства многоэтажных жилых домов в г. Бишкек // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова. 2013. №3. С. 194-199.
3. Ганихин А. А. Модернизация технологии строительства жилых панельных зданий в современных условиях строительства // Теоретические и практические аспекты развития современной науки: теория, методология, практика. 2020. С. 190-194.
4. Дыховичный Ю. А., Максименко В. А. Сборный железобетонный унифицированный каркас. М.: Стройиздат, 1985. 296 с.

5. Бедов А. И., Николенко И. И. Обеспечение эксплуатационных характеристик железобетонных элементов каркасов зданий, подвергшихся сейсмическим воздействиям // Строительство и реконструкция. 2021. №1. С. 3-15. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-93-1-3-15>

6. Колчунов В. И., Бушова О. Б., Кореньков П. А. Деформирование и разрушение железобетонных рам с ригелями, армированными наклонными стержнями, при особых воздействиях // Строительство и реконструкция. 2022. №1. С. 18-28. <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2022-99-1-18-28>

*References:*

1. Gulak, L. I., Ishkova, O. S., & Popova, A. V. (2019). Konstruktivnye osobennosti grazhdanskikh karkasno-panel'nykh zdaniy, podlezhashchikh rekonstruktsii. *Vestnik nauki*, 3(6 (15)), 352-361. (in Russian).

2. Kozhobaeva, S. T. (2013). Istoriya razvitiya stroitel'stva mnogoetazhnykh zhilykh domov v g. Bishkek. *Vestnik Kyrgyzskogo gosudarstvennogo universiteta stroitel'stva, transporta i arkhitektury im. N. Isanova*, (3), 194-199. (in Russian).

3. Ganikhin, A. A. (2020). Modernizatsiya tekhnologii stroitel'stva zhilykh panel'nykh zdaniy v sovremennykh usloviyakh stroitel'stva. In *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty razvitiya sovremennoi nauki: teoriya, metodologiya, praktika*, 190-194. (in Russian).

4. Dykhovichnyi, Yu. A., & Maksimenko, V. A. (1985). *Sbornyi zhelezobetonnyi unifitsirovannyi karkas*. Moscow. (in Russian).

5. Bedov, A. I., & Nikolenko, I. I. (2021). Obespechenie ekspluatatsionnykh kharakteristik zhelezobetonnykh elementov karkasov zdaniy, podvergshikhsya seismicheskim vozdeistviyam. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*, (1), 3-15. (in Russian). <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2021-93-1-3-15>

6. Kolchunov, V. I., Bushova, O. B., & Koren'kov, P. A. (2022). Deformirovanie i razrushenie zhelezobetonnykh ram s rigelyami, armirovannymi naklonnymi sterzhnyami, pri osobykh vozdeistviyakh. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya*, (1), 18-28. (in Russian). <https://doi.org/10.33979/2073-7416-2022-99-1-18-28>

*Работа поступила  
в редакцию 22.05.2023 г.*

*Принята к публикации  
29.05.2023 г.*

*Ссылка для цитирования:*

Зулпуев А. М., Асанова С. А. Расчет железобетонных стержневых конструкций несущих рамных систем многоэтажных зданий // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. №7. С. 262-267. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/92/37>

*Cite as (APA):*

Zulpuev, A., & Asanova, S. (2023). Calculation of Reinforced Concrete Rod Structures of Bearing Frame Systems of Multi-storey Buildings. *Bulletin of Science and Practice*, 9(7), 262-267. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/92/37>