

Зулпуев А.М., Темикеев К., Асанова С.А.

**ЖУК КӨТӨРҮҮЧҮ КӨП КАБАТТУУ ИМАРАТТАР
ЖАНА КУРУЛМАЛАР ЭЛЕМЕНТИНИН ГОРИЗОНТАЛДЫК КҮЧ
АРАКЕТТЕРИНИН МЕЙКИНДИКТИК ЭСЕПТӨӨ МОДЕЛИ**

Зулпуев А.М., Темикеев К., Асанова С.А.

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ РАСЧЕТНАЯ МОДЕЛЬ НЕСУЩИХ
ЭЛЕМЕНТОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

A.M. Zulpuev, K. Temikeev, S.A. Asanova

**SPATIAL CALCULATION MODEL OF CARRIERS
DESIGNS OF MULTI-STOREY BUILDINGS AND ELEMENT
FOR HORIZONTAL INFLUENCES**

УДК: 004.28:(699.841+624.012.3/4)

Бул иште жүк көтөрүүчү көп кабаттуу имараттар жана курулмалар системасы, мейкиндик-деформациялар системасы, өз тегиздигиндеги этаждар аралык плита дисктеринин ийкемдүүлүгүн эске алуу, жашоо циклинин ар кандай баскычтарында конструктивдүү жана сейсмикалык коопсуздуктун ресурстарын баалоо, эсептөөнүн ыңгайдуулугу үчүн эсептөө моделдериндеги: дискреттик, дискреттик-континуалдык жана континуалдык түрлөрүнүн схемалаштыруусу, дискреттик эсептөө моделдеринде чыныгы жүк көтөрүүчү тутумда көрсөтүлгөн тик элементтердин өз ара мамилелерин дискреттик жайгаштыруу жана жалпы элементтерди майда элементтерге бөлүү, континуалдык моделдерде көп кабаттуу имараттардын жана курулмалардын жүк көтөрүүчү элементтерин эки өлчөмдүү көйгөйү бар кадимки көңдөй призмалык кабык катары эсептөөсү, эсептөө моделдери көбүнчө имараттардын өзөктүк-тулкуларын жана көлөмдүү-блокторду эсептөөдө колдонусу, ал эми дискреттик-континуалдык моделинде, жүк көтөрүүчү тутумдун вертикалдуу элементтеринин алдын-ала аныкталган дискреттик жайгашуусу өзгөрүүсүз бойдон калууда, ал эми концентрацияланган байланыштар континуалдык модели менен алмаштырылат, б.а. тынымсыз имараттын бийиктиги боюнча бөлүштүрүүсү каралган.

Негизги сөздөр: көп кабаттуу имараттар, курулмалар, конструктивдүү ресурсу, сейсмикалык коопсуздук, мейкиндик, эсептөө модели.

В данной работе рассматриваются несущие системы многоэтажных зданий и сооружений, как пространственно-деформируемые системы, с учетом податливости дисков междуэтажных перекрытий в своей плоскости, с целью оценки ресурса конструктивной и сейсмической безопасности на различных этапах жизненного цикла. А также для удобства расчета, схематизировано расчетные модели

в виде: дискретной, дискретно-континуальной и континуальной. В дискретных расчетных моделях рассматривается дискретное расположение взаимоотношений вертикальных элементов, заданное в реальной несущей системе и дискретизация общих элементов на небольшие элементы. В континуальные модели рассматриваются несущие элементы многоэтажных зданий и сооружений как будто общую многопустотную призматическую оболочку с двухмерной задачей. Данные расчетные модели как правило находят применение в расчетах ядер – стволов и объемно-блочных зданий. А в дискретно-континуальных моделях остаются без изменения заданное дискретное расположение вертикальных элементов несущей системы, но сосредоточенные связи замещаются континуальными, т.е. непрерывно распределенными по высоте здания.

Ключевые слова: многоэтажные здания, сооружения, конструктивный ресурс, сейсмическая безопасность, пространство, расчетная модель.

In this paper, we consider load-bearing systems of multi-storey buildings and structures as spatially deformable systems, taking into account the flexibility of floor disks in their plane, in order to assess the resource of structural and seismic safety at various stages of the life cycle. And also for the convenience of calculation, the calculation models are schematized in the form of: discrete, discrete-continuum and continuum. In discrete computational models, a discrete arrangement of the relationships of vertical elements specified in a real carrier system and discretization of common elements into small elements are considered. Continuous models consider load-bearing elements of multi-storey buildings and structures as if a common hollow prismatic shell with a two-dimensional problem. These calculation models are usually used in the calculation of the cores - trunks and volume - block buildings. And in the discrete-continuum models, the predetermined discrete arrangement of the vertical elements of the supporting system remains unchanged,

but the concentrated bonds are replaced by the continuum ones, i.e. continuously distributed over the height of the building.

Key words: multi-storey buildings, structures, structural resource, seismic safety, space, design model.

Прогнозы развития человечества на XXI век свидетельствуют о том, что скопление народонаселения окрестности городов является случайным и реальным явлением, соединенным с процессом глобализации и экономической интеграции, увеличением жителей и ускоренным формированием производительности.

По предоставленным данным ООН в 1880 году в городах существовало всего 1,7% жителей общества, в 1950 году - 13,1%, в 1970 году - 47%, а к концу 2010 года городское народонаселение составило примерно 80% жителей планеты.

В ситуациях неограниченности введения земли под городскую застройку, определенных ярким формированием сельского хозяйства, городская местность не может расширяться по ширине, а наоборот будет повышаться вверх с учетом повышения этажности зданий и сооружений.

Несущие системы нынешних многоэтажных зданий и сооружений формируются из многих стержневых, плоских, объемных элементов и устройств. Справедливое формирование некоторых элементов или их множество должно обеспечивать соответствующие расчеты на все виды загрузки и действия по всем временам всего житейского цикла: проектированию и строительства, эксплуатации, реконструкции и усиления.

При расчетах на прочность, жесткость и стойкость более характерным является упразднение расчетных моделей для несущих элементов в единой и несущей системе в целом.

Расчетным моделям необходимо соответствовать двум диалектически непротиворечащим условиям: во-первых, расчетная модель должна отображать важнейшие свойства конструируемого элемента в несущих системах многоэтажных зданий и сооружений в течение всего периода эксплуатации, во-вторых, расчетная модель должна быть элементарной, надежной и приемлемой для практической реализации, с использованием нынешней компьютерной технологии.

Тенденции дальнейшего совершенствования расчета и проектирования несущих элементов многоэтажных зданий и сооружений требуются совмещения в расчетных моделях влияния нелинейного деформирования железобетонных конструкций методами строительной механики и компьютерной технологий, непременно с учетом воздействия фактора времени и обстоятельств эксплуатации. Чтобы получить полные и справедливые решения о напряженно-деформированном состоянии несущих систем в полном объеме, некоторые элементы и основные соединения в стадии эксплуатации могут быть проектированы и реализованы практически надежными и экономически разумными конструктивными решениями.

Многоэтажные здания и сооружения формируются с помощью вертикальных и горизонтальных несущих элементов, соединенных в целую пространственную систему (рис. 1, 2).

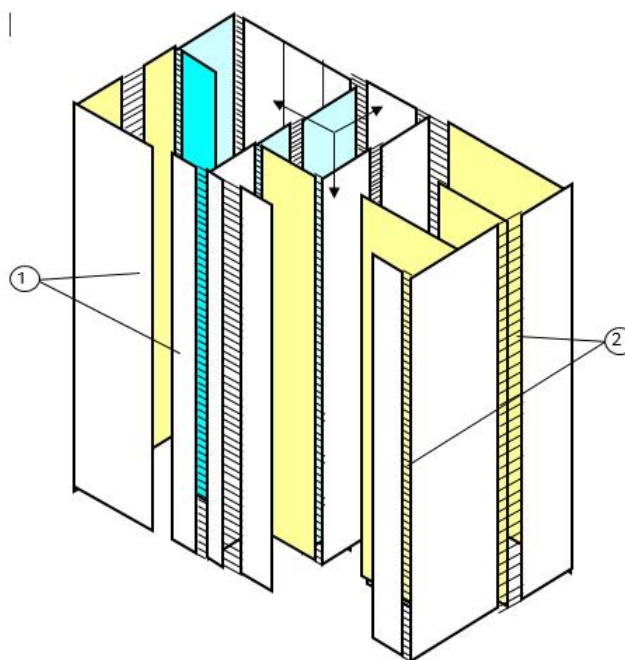


Рис. 1. Несущие элементы многоэтажных зданий и сооружений: 1 – вертикальные несущие элементы; 2 – связи (соединения).

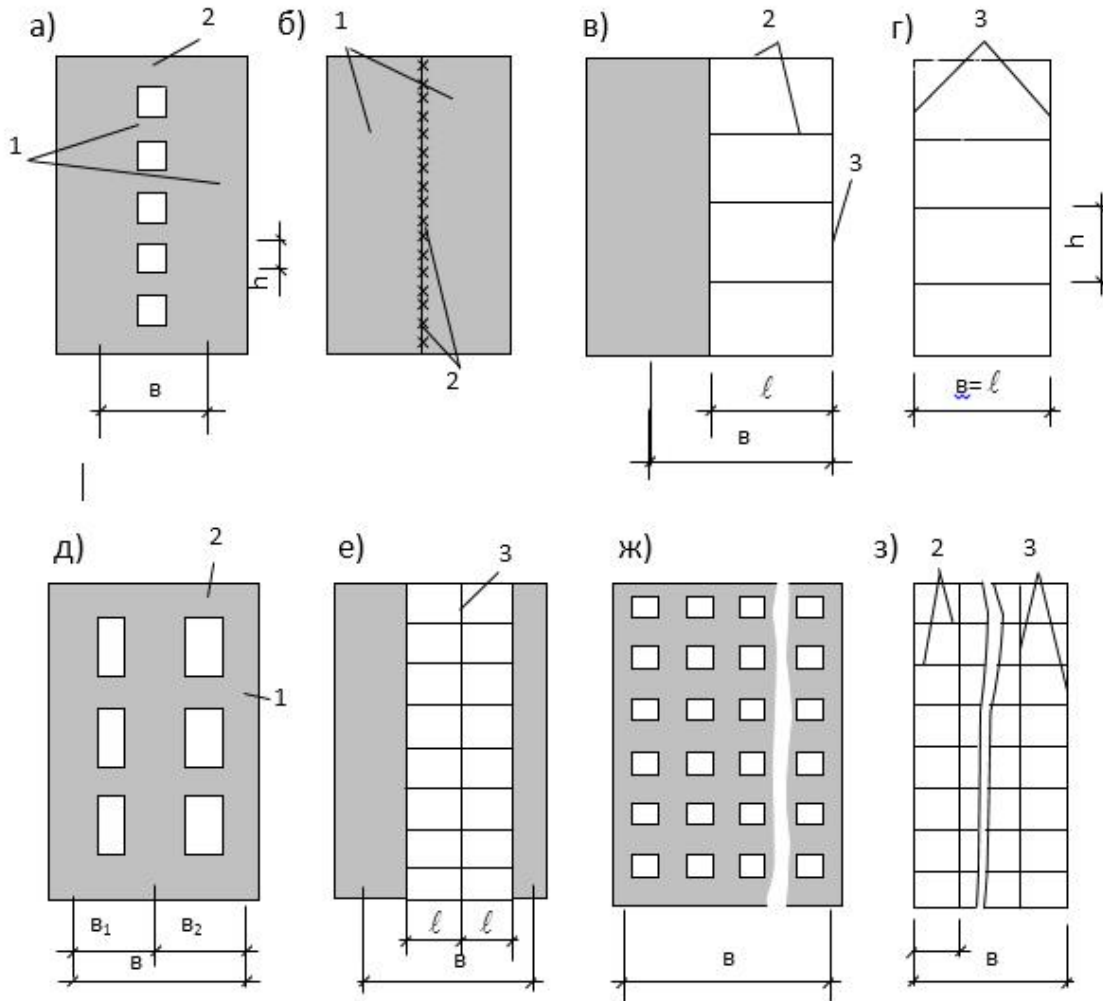


Рис. 2. Основные виды вертикальных несущих элементов многоэтажного здания и сооружения:
 а-г – односвязные элементы; д-е – двусвязные элементы; ж-з – многосвязные элементы;
 (а,б,д,ж – диафрагмы (горизонтальные и вертикальные); г-з – рамы; в-е – рамо-диафрагмы;
 1 – стены; 2 – связи (соединений); 3 – колонны (стойки).

Из рисунка 1 следует, что вертикальные несущие элементы образуются из вертикальных элементов (диафрагм, рамо-диафрагм, колонн (стойки)) и связей (соединений), связывающих этих элементы по вертикальным швам: путем сварочных соединений с поддержкой закладных деталей или выпусков арматуры с помощью бетонных шпонок, выступов плит перекры-

тий, ригелей рамных систем с жесткими соединениями, перемычек или участков плит перекрытий над проемами между стойками бескаркасного здания и т.д.

Показанные соединения являются связями сдвига, в частности они препятствуют взаимному сдвигу соседних элементов по вертикальным швам.

Несущие элементы, обладающие одним вертикальным швом, одним рядом связей сдвига называются односвязными, два ряда связей – двухсвязными и т.д. (рис. 1).

При шарнирных связях (т.е. соединениях), каждая стенка деформируется сама по себе (рис. 3а), а связи, соответственно поворачиваются без сопротивления, и остаются горизонтальными. Действительные

связи постоянно сопротивляются изгибу и сдвигу, и тогда стенки деформируются, например, как показано на рисунке 3б.

В местах соединения связей со стенками появляются местные изгибающие моменты и перерезывающие силы. Перерезывающие силы Q_{ii} от связей сдвига скапливаются по длине стенки и образуют в нем нормальную силу N (рис. 3б).

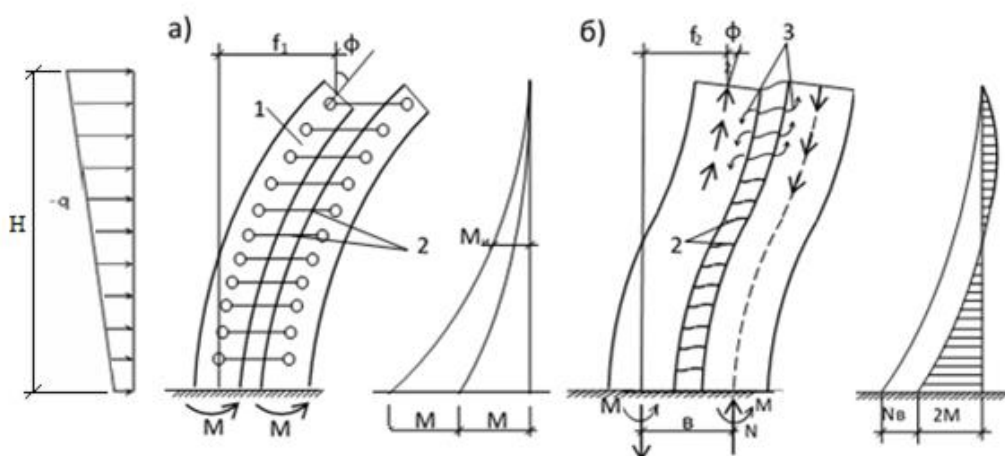


Рис. 3. Расчетная модель связей сдвига: а – фиктивные связи, б – действительные связи. 1 – стенка; 2 – связи (соединения); 3 – изгибающие моменты.

Изгибающий момент в данной расчетной модели, в соответствии с рисунком 3б равен:

$$M_u = 2M + N \cdot v \quad (1)$$

Вследствие этого при равном изгибающем моменте M_u , моменты в стенках по схеме рисунка 3а, будут больше, чем моменты по рисунку 3б, соответственно перемещение будет:

$$f_1 \gg f_2 \quad \text{и} \quad \phi_1 \gg \phi_2 \quad (2)$$

Многоэтажные здания и сооружения – это многократно статически неопределимая система на все виды нагрузок и воздействий. Для удобства расчета, настоящую систему можно схематизировать наиболее простыми расчетными моделями: дискретной, дискретно-континуальной и континуальной. В дискретных расчетных моделях соблюдается дискретное расположение взаимоотношений вертикальных эле-

ментов, заданное в реальной несущей системе, временами дискретизация углубляется расчленением общих элементов на небольшие участки (как в метода конечных элементов, метода сосредоточенных деформаций и т.п.).

В континуальных моделях рассматриваются несущие элементы многоэтажных зданий и сооружений так, будто общая многопустотная призматическая оболочка с двухмерной задачей. Настоящие расчетные модели как правило находят применение в расчетах ядер-стволов и объемно-блочных зданий. А в дискретно-континуальных моделях остается без изменения заданное дискретное расположение вертикальных элементов несущей системы, но сосредоточенные связи замещаются континуальными, т.е. непрерывно распределенными по высоте здания (рис. 4б). На рисунке 4 показаны разновидности дискретно-континуальной модели в виде консольной модели, в которой все связи (соединения) сдвига считаются либо шарнирными соединениями, либо совершенно жесткими соединениями (рис. 4 в, г).

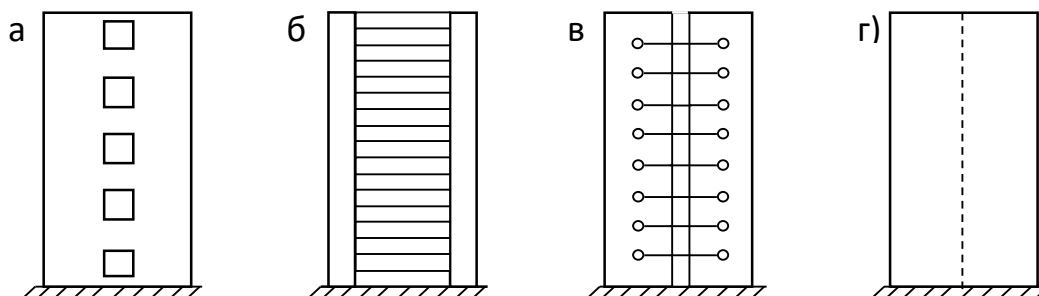


Рис. 4. Дискретно-континуальной расчетной модели в виде односвязной диафрагмы:
 а – общий вид конструкций зданий; б – дискретно-континуальная расчетная модель; в – консольная расчетная модель с шарнирными связями; г – консольная расчетная модель с абсолютно жесткими связями.

Практика проектирования показала, что из числа проанализированных расчетных моделей многоэтажного здания и сооружения дискретно-континуальная модель является наиболее универсальной и благоприятной для расчета сложных, многократно статически неопределимых несущих элементов. Сформированные на основе теоретической расчетной модели разработана довольно приемлемая, поэтому на практике проектирования статический расчет несущих элементов многоэтажного здания и сооружения производится с употреблением пакета прикладных программ компьютерной технологии, разработанных на базе дискретно-континуальной расчетной модели (например Авторяд ЕС и т.д.). Дискретно-континуальная расчетная модель характерна тем, что вертикальные несущие конструкции здания (диафрагмы жесткости, рамы и рамо-диафрагмы) считаются дискретно расположенными, а сосредоточенные связи сдвига между вертикальными элементами (надпроемные перемычки, ригели, шпоночные соединения и т.д.) – непрерывно (континуально) распределенными по высоте здания.

При проектировании необходимо иметь в виду следующее:

- в зданиях симметричных в плане с жесткими междуэтажными плитами перекрытиями в своей плоскости при соотношении $L / B \leq 2$ (где L длина здания, B - его ширина), единую пространственную систему можно заменить поперечной и продольной плоско-параллельными системами, при этом расчет

здания ведется в поперечном и продольном направлениях независимо друг от друга по методике [10-12];

- для случая $L / B > 2$, при расчете многоэтажного здания и сооружения на горизонтальные ветровые нагрузки, нужно учесть: во-первых, трансформацию аэродинамического коэффициента C ; во-вторых, возникновение эксцентриситета равнодействующей горизонтального ветрового потока относительно центра здания; в третьих расчет несущих элементов надо вести по пространственной расчетной схеме с учетом податливости дисков междуэтажных плит перекрытий согласно [6-9].

Учет податливости дисков междуэтажных плит перекрытий, обусловленных многими факторами, очень значителен при расчете несущих элементов зданий и сооружений, как пространственно-деформируемых систем, при вертикальных и горизонтальных нагрузках. Имея в виду экономическую целесообразность строительства многоэтажных зданий и сооружений, обуславливающую ее перспективность, представляется необходимым выполнить цикл исследований по изучению работы несущей системы, по пространственной расчетной схеме, с учетом податливости дисков междуэтажных перекрытий в своей плоскости, геометрической и физической нелинейности.

В основу предстоящих исследований положены следующие предпосылки и допущения:

- сборные, сборно-монолитные и монолитные железобетонные междуэтажные плиты перекрытия, которые считаются податливыми в своей плоскости и плиты перекрытия моделируются как многопролетные составные балки или балки-стенки опирающиеся на упруго-

оседающие опоры в виде вертикальных несущих конструкций (диафрагм, рам, рамо-диафрагм и т.д.);

- число этажей в многоэтажном здании и сооружении достаточно огромно, и вследствие чего сосредоточенные нагрузки от междуэтажных плит перекрытий необходимо принять распределенными по высоте несущих элементов в виде погонных нагрузок;

- стенки вертикальных проемных диафрагм жесткости и плоские рамы с жесткими узлами, как консоли достаточно большой жесткости, воспринимают долю изгибающего момента от внешних нагрузок;

- момент инерции сечения стенки проемной диафрагмы очень высок по сравнению с моментом инерции сечения перемычек, благодаря этому последние считаем жестко заделанными в стенках;

- вертикальные диафрагмы жесткости и рамы с жесткими узлами считаются защемленными в фундаменте, т.е. податливость основания не учитывается;

- оценка ресурса конструктивной безопасности вертикальных несущих элементов: диафрагм, рам и рамо-диафрагм и т.д. производится по [1-5].

- оценка ресурса конструктивной безопасности горизонтальных несущих элементов (междуэтажных плит перекрытий) осуществляется по разработанной методике.

После замены дискретно расположенных железобетонных междуэтажных плит перекрытий, непрерывно распределенными по высоте многоэтажного здания и сооружения, можно определить горизонтальную поперечную нагрузку, действующую на распределенное междуэтажное плитоперекрытие высотой в один метр. Данная горизонтальная нагрузка может иметь любой закон распределения по высоте здания, но по длине здания нагрузка считается постоянной на данном уровне. На указанный вид нагрузки необходимо рассчитывать междуэтажные перекрытия, как горизонтальные диафрагмы жесткости, согласно принятой расчетной модели.

Систему координат для каждой из вертикальных несущих элементов примем по рисунку 5, причем координатную ось $OXYZ$ будем полагать перемещающимся совместно с ее вершиной и расположенной в центре плана многоэтажного здания и сооружения (для случая симметричного плана).

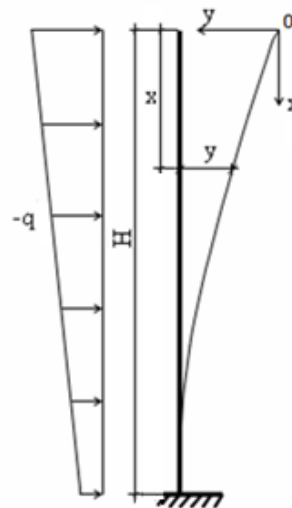


Рис. 5. Система координат и нагрузка.

Расположение начала координат на свободном конце вертикальных несущих элементов удобно тем, что для консольной балки сохраняется то же правило, которое обычно принимается в строительной механике для свободно лежащей балке на двух опорах, но при этом необходимо принимать нагрузку со знаком минус т.е. $(-q)$.

Прогибы отдельных диафрагм, изгибающие моменты, поперечные и продольные силы в стенках проемной диафрагмы, определяется согласно [4,5]. В данном случае мы располагаем системой дифференциальных уравнений, когда проемная диафрагма имеет один ряд проемов, если вместо диафрагмы имеет место рама или рамо-диафрагма, или диафрагма имеет несколько рядов проемов, то по рекомендациям [4,5] следует дифференциальное уравнение, заменить соответствующей системой дифференциальных уравнений, которая выражает зависимость между осевыми силами в стенках или стойках рамы и внешним изгибающим моментом, действующим на данную диафрагму, раму или рамо-диафрагму.

Общие выводы. По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Разработаны общие положения и определения ресурса конструктивной безопасности, несущих элементов многоэтажных зданий и сооружений в период жизненного цикла.
2. Представлены показатели ресурса конструктивной безопасности в виде надежности и долговечности

несущих элементов многоэтажных зданий и сооружений с приведением методики определения показателей индекса надежности.

3. Разработана методика оценки ресурса конструктивной безопасности несущих элементов многоэтажных зданий и сооружений, приведены показатели, формирующие ресурс конструктивной безопасности с учетом влияния деградационных факторов.

4. Представлена диаграмма изменения эксплуатационного ресурса несущих элементов многоэтажных зданий и сооружений в период жизненного цикла.

5. Представлена расчетная модель несущих элементов многоэтажных зданий и сооружений в виде пространственно-деформируемых систем при учете податливости дисков междуэтажных плит перекрытий в своей плоскости.

6. Разработаны принципы управления процессом регулирования ресурса конструктивной безопасности несущих элементов многоэтажных зданий и сооружений на стадии проектирования.

Литература:

1. Айзенберг Я.М. Распределение горизонтальной сейсмической нагрузки между вертикальными диафрагмами зданий. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. - М., 1960.
2. Ахметзянов Ф.Х. К оценке остаточного ресурса железобетонных конструкций при накоплении повреждений. Известия вузов. Строительство и архитектура. 32. - 1992. - С.6-9.
3. Ашрабов А.А. Надежность и долговечность строительных систем. - Ташкент. - ООО «KOMRON PRESS». - 2012.
4. Дроздов П.Ф. Расчет крупнопанельных зданий на вертикальные и горизонтальные нагрузки. Строительная механика и расчет сооружений. - №6. - 1966.
5. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчет несущих систем многоэтажных зданий и их элементов. - М.: Стройиздат, 1977. - 223 с.
6. Зулпуев А.М., Темикеев К.Т., Мамытов У.Б., Мещеряков А.А. К вопросу оценки эффекта пространственной работы несущих конструкций многоэтажных зданий и сооружений связевой системы при горизонтальных воздействиях. Территория науки. - Вып №3. - 2018. - С. 52-63.
7. Зулпуев А.М., Темикеев К.Т., Мамытов У.Б., Мещеряков А.А. Исследование совместной работы разнотипных вертикальных несущих конструкций многоэтажных зданий и сооружений с учетом податливости междуэтажных дисков перекрытий в своей плоскости. Синергия - Вып. №3. - Воронеж, 2018. - С. 57-65.
8. Темикеев К. исследование деформативности сборных перекрытий в своей плоскости, как горизонтальных диафрагм многоэтажных каркасных зданий. Автореф. канд. дисс. - М.: МИСИ им. В.В.Куйбышева, 1974. - 18 с.
9. Темикеев К., Адыракаева Г.Д., Стамалиев А.К., Проектирование железобетонных конструкций. Изд. «Айат». - Б., 2015.
10. Темикеев К. Джансериков Т.Д., Жумуков С. Аналитические диаграммы работы бетона при различных длительностях её загрузки. Вестник КГУСТА- Вып. 2(6). - Бишкек, 2009. - С. 45-49.
11. Темикеев К., Зулпуев А.М. и др. Исследование ресурса конструктивной безопасности несущих конструкций многоэтажных зданий и сооружений в период жизненного цикла. // Научно-исследовательский отчет по госбюджетной НИР. - Бишкек, 2017.
12. Темикеев К., Зулпуев А.М. Экспериментально-теоретическое исследование предельных состояний сборных железобетонных перекрытий при вертикальном и горизонтальном воздействии. // Научно-технический журнал «Известия» ОшТУ. - Ош, 2012. - №1. - С. 23-25.