

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Архитектурно-строительный институт

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
СОВРЕМЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ**

ТРУДЫ II ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

8–10 октября 2019 г.

Новокузнецк
2019 г.

УДК 69+624/628+66/67+72

А 437

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук., доцент Столбоушкин А.Ю.,

канд. техн. наук., доцент Алешина Е.А.,

доцент Матехина О.В.,

канд. архитектуры, доцент Благиных Е.А.

А 437 Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России : труды научно-практической конференции / М-во науки и высш. образования Российской Федерации, Сиб. гос. индустр. ун-т, Архитектурно-строительный институт ; под общей редакцией А.Ю. Столбоушкина, Е.А. Алешиной, О.В. Матехиной, Е.А. Благиных, – Новокузнецк, Изд. Центр СибГИУ, 2019. – 352 с.

ISBN 978-5-7806-0530-0

Представлены материалы докладов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России», состоявшейся в Сибирском государственном индустриальном университете 8–10 октября 2019 г. Доклады отражают результаты работ по трем основным направлениям конференции: «Архитектура и градостроительство промышленных регионов России»; «Новые материалы, конструкции и инновационные технологии в строительстве»; «Новые концептуальные подходы в проектировании и реконструкции инженерных систем жизнеобеспечения».

Издание предназначено для научных и инженерно-технических работников в области архитектуры и строительства, а также для студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых.

УДК 69+624/628+66/67+72

ISBN 978-5-7806-0530-0

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2019

РАМНЫЕ, СВЯЗЕВЫЕ И РАМНО-СВЯЗЕВЫЕ СИСТЕМЫ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Буцук И.Н., Музыченко Л.Н, Бараксанова Д.А.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ),
г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. Разнообразие конструктивных систем многоэтажных зданий связано прежде всего с поиском рациональных схем вертикальных несущих конструкций. Металлические несущие конструкции применяются в каркасных и смешанных системах, обеспечивающих большую свободу архитектурной планировки и возможность ее изменения при эксплуатации здания.

Ключевые слова: связи, системы, металл, рама, здание, эксплуатация, конструктив, жесткость, каркас.

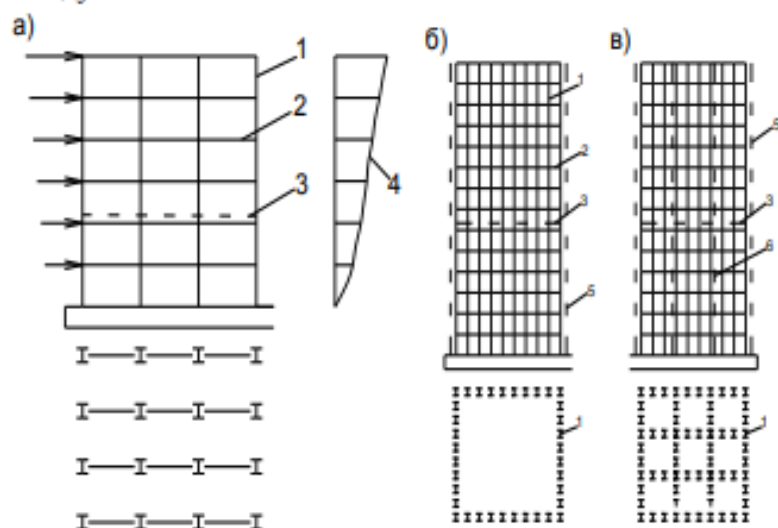
Каркасные и смешанные системы в зависимости от распределения функций в системе для обеспечения ее пространственной жесткости и устойчивости подразделяются на рамные, связевые, рамно-связевые. В зависимости от вида конструкций различают:

- 1) бескаркасные системы, состоящие из пластинок (стен), оболочек открытого и замкнутого профиля, объемных тонкостенных блоков;
- 2) каркасные системы, состоящие из стержней;
- 3) смешанные системы, состоящие из элементов бескаркасных и каркасных систем.

Рамные системы

Рамная система (см. рисунок 1) состоит из жестко соединенных колонн и ригелей, образующих плоские и пространственные рамы, объединенные перекрытиями.

Жесткость системы определяется сопротивлением всех ее элементов, воспринимающих вертикальные и горизонтальные нагрузки, т. е. функции обеспечения жесткости распределены равномерно между элементами системы.



- а – обычная; б – с внешней пространственной рамой; в – секционно – рамная;
1 – колонна; 2 – ригель; 3 – плоскость одного из перекрытий;
4 – горизонтальные перемещения рамы; 5 – плоскость внешней грани;
6 – плоскость внутренней рамной сетки.

Рисунок 1 – Основные рамные системы

Перемещения рамной системы от горизонтальных нагрузок складываются из перемещений общего изгиба, обусловленных продольными деформациями колонн, как волокон заземленной в фундаменте рамной консоли, и перемещений сдвигового характера в виде относительных смещений ярусов рамы, вызванных местным изгибом колонн и ригелей, причем вклад сдвиговых смещений часто преобладает.

Элементы и узлы рамной системы трудно поддаются унификации, что связано со значительным изменением внутренних усилий по высоте каркаса. Вместе с тем, рамная система обеспечивает равномерную передачу нагрузок на фундамент и хорошо согласуется с архитектурно-планировочными требованиями.

В обычной рамной системе (см. рисунок 1, а) колонны регулярно расположены по всему плану здания с шагом 6—9 м и должны иметь небольшие габариты сечений, чтобы не стеснять внутренних помещений. В такой системе учет горизонтальных нагрузок приводит к заметному увеличению расхода стали, поэтому в зданиях высотой более 30 этажей подобные системы применяются редко. В горизонтальном прогибе верха рамы сдвиговые смещения составляют около 70—90%.

Пространственная жесткость и эффективность работы рамной системы существенно повышаются при размещении колонн только по контуру здания с образованием внешней пространственной рамы (см. рисунок 1, б). Впервые эта идея была реализована в проекте каркаса Дворца Советов.

Система с внешней пространственной рамой осуществлена в США в нескольких зданиях с прямоугольным и треугольным планом высотой 350—400 м. Ввиду большой ширины зданий система дополнена внутренними колоннами, воспринимающими только вертикальные нагрузки от шарнирно опертых перекрытий и инженерного оборудования, т. е. применена не в чистом виде.

Основное преимущество системы с внешней пространственной рамой состоит в повышении ее общей изгибной жесткости, так как при расположении колонн по контуру увеличивается момент инерции горизонтального сечения каркаса, и в снижении относительной доли сдвиговых смещений в общем прогибе каркаса до 30—40% в результате развития сечений ригелей и колонн в плоскости рамной грани и более частого расположения колонн (полезная площадь помещений при этом не уменьшается). Система отличается высокой жесткостью при кручении. Кроме того, конструктивные элементы внешней рамы могут выполнять функции наружной стены, и для ее устройства не нужен дополнительный каркас. Для системы применяются и другие названия: рамная оболочка, рамная труба.

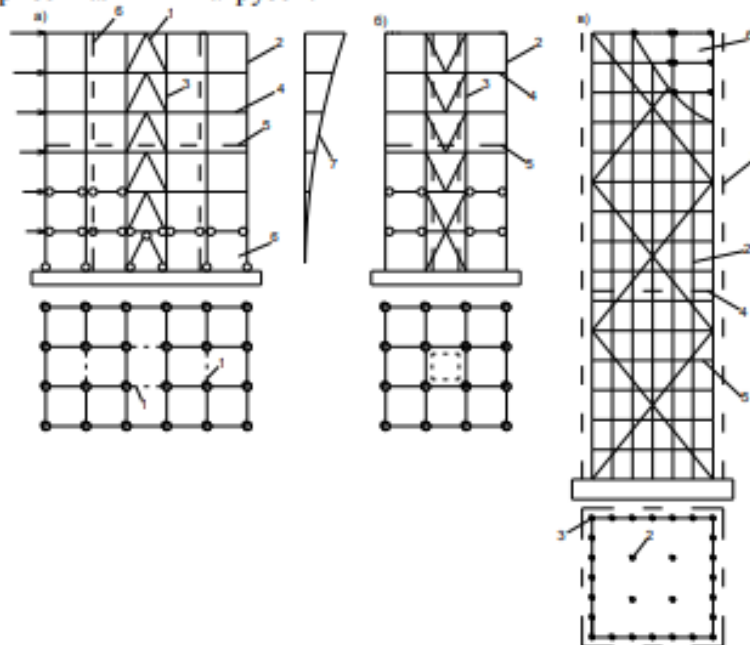
Дальнейшим развитием рамных систем является секционн-рамная система (см. рисунок 1, в), структура которой в плане напоминает обычную рамную систему, а составляющие ее плоские рамы решены как грани системы с внешней рамой и имеют часто расположенные колонны (шаг колонн меньше размера секции в плане). Жесткость этой системы по сравнению с предыдущей повышается благодаря дополнительному сопротивлению внутренних рам, и более равномерному включению граней внешней рамы в работу на общий изгиб. Конструкции перекрытий в пределах отдельных секций опираются на рамы шарнирно, имеют пролет до 15—20 м и в связи с этим требуют повышенного расхода стали. Различные секции системы можно завершить на разной высоте, создавая ступенчатый объем здания без существенного усложнения конструкций. Пример осуществления такой системы — 109-этажное здание высотой 442 м в США.

Связевые системы

Связевая система в чистом исполнении состоит из связевой конструкции и колонн, шарнирно присоединенных к ней ригелями (см. рисунок 2).

Функции обеспечения жесткости распределены в системе резко неравномерно: при действии горизонтальных нагрузок практически вся жесткость сосредоточена в связевой конструкции, работающей по схеме заземленной в фундаменте консоли. Колонны при условии шарнирного их присоединения к связевой конструкции настолько слабо сопро-

тивляются горизонтальным перемещениям системы, что их вкладом в ее жесткость можно пренебречь. Такие колонны сжаты от вертикальных нагрузок перекрытий и стен. Колонны, которые входят в состав связевой конструкции, воспринимают вертикальные и горизонтальные нагрузки, работая в качестве ее поясов. Ригели воспринимают непосредственно действующие на них вертикальные нагрузки и испытывают небольшие продольные усилия от горизонтальных нагрузок.



а – с диафрагмами; б – с внутренним стволom; в – с внешним стволom;
1 – диафрагмы; 2 – колонны; 3 – колонны – пояса диафрагмы; 4 – ригели;
5 – плоскость одного из перекрытий; 6 – фрагмент расчетной схемы по внутреннему ряду колонн; 7 – горизонтальные перемещения диафрагмы

Рисунок 2 – Основные связевые системы

Перемещения связевой системы от горизонтальных нагрузок определяются деформациями связевой конструкции и носят в основном изгибный характер (см. рисунок 2, а), хотя при некоторых конкретных схемах связевой конструкции (диафрагмы рамного типа, фермы с относительно податливой решеткой) возможны и значительные сдвиговые смещения.

Связевая система работает на горизонтальную нагрузку эффективнее рамной, так как большая часть колонн освобождена от внутренних усилий изгиба и требует меньшего расхода стали. Поэтому в ней проще унифицировать элементы и узлы, не входящие в связевую конструкцию.

Основные связевые системы:

- а) с диафрагмами;
- б) с внутренним стволom;
- в) с внешним стволom (см. рисунок 2, а - в).

Диафрагмы могут быть решены в виде плоских ферм, стенок жесткости (обычно железобетонных), мощных рам.

Внутренний ствол может иметь открытое или замкнутое поперечное сечение. Если в стволе совмещают функции жесткости системы и ограждения лифтовых и коммуникационных шахт, то стенки ствола целесообразно выполнять несущими железобетонными, воспринимающими вертикальные и горизонтальные нагрузки. Возможно решение ствола в виде стальной пространственной фермы или жесткой рамы.

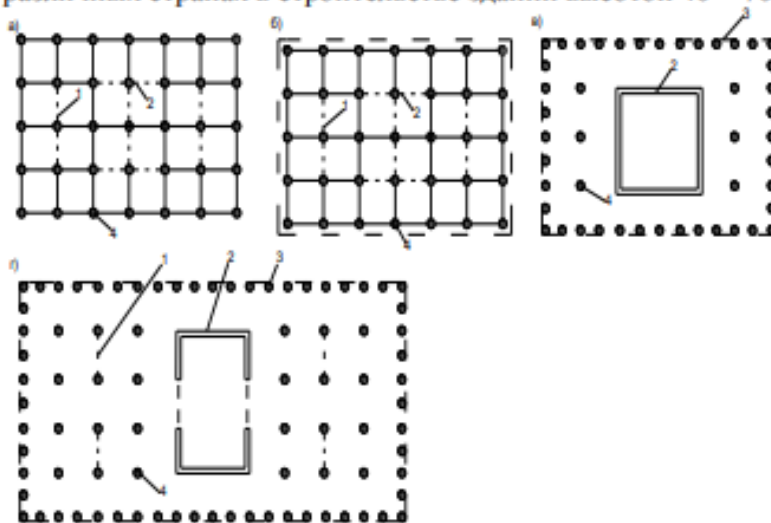
Внешний ствол, охватывающий все здание, наиболее эффективен с точки зрения обеспечения жесткости системы и восприятия горизонтальных нагрузок. В США построено несколько зданий высотой 26 – 100 этажей с внешним стволom в виде пространствен-

ной стальной фермы (см. рисунок 2, в), элементы которой выделены на фасаде. Внутренний каркас из ригелей и центрально-сжатых колонн поддерживает перекрытия и несущие стенки лифтовых шахт. В системе, состоящей из такого каркаса и внешней пространственной рамы, последняя выполняет роль внешнего ствола.

Кроме основных связевых систем применяются и их разновидности, сочетающие различные связевые конструкции (см. рисунок 3). При проектировании подобных систем важно установить целесообразное распределение материала между связевыми конструкциями системы, отвечающее нормативным требованиям к ее жесткости и несущей способности.

В системе с внутренним и внешним стволами (см. рисунок 3, в) можно увеличить пролет перекрытия и обойтись без внутренних колонн, передавая все вертикальные нагрузки на связевые конструкции и обеспечивая повышенную гибкость в использовании помещений; при этом внешний ствол частично выполняет функции наружной стены, а внутренний служит ограждением лифтовой шахты.

Такая система рациональна для каркасов общественных зданий и неоднократно применялась в различных странах в строительстве зданий высотой 40—70 этажей.



а – с диафрагмами и внутренним стволом; б – то же, с внешним стволом;
в – с внутренним и внешним стволом; г – с диафрагмами, внутренним и внешним стволами;
1 – диафрагма; 2 – внутренний ствол; 3 – внешний ствол;
4 – колонны, воспринимающие вертикальные нагрузки.

Рисунок 3 – Сочетание основных связевых систем

Рамно-связевые системы

Основные рамно-связевые системы аналогичны по своей схеме связевым (см. рисунки 2, 3), но отличаются от них рамным соединением колонн и ригелей, не входящих в связевую конструкцию.

Функции обеспечения жесткости системы распределены между ее связевой и рамной частями, однако в большинстве случаев соотношение жесткостей в системе таково, что ее связевая часть воспринимает 70—90% горизонтальных нагрузок.

Большинство высотных зданий, построенных в Москве в начале 50-х гг., имеют каркас рамно-связевой системы с жестким соединением ригелей и колонн. Моменты от горизонтальной нагрузки в узлах такого каркаса намного меньше, чем в чисто рамной системе, что облегчает унификацию узлов и ригелей. Однако узлы довольно сложны и трудоемки в изготовлении и монтаже. Поэтому в дальнейшем были разработаны рамно-связевые системы с примыканием ригеля к колонне, рассчитанным на восприятие 1/10—1/5 части полного балочного момента ригеля и допускающим образование шарнира пластичности. Переход к таким примыканиям облегчил унификацию узлов и ригелей и способствовал широкому распространению рамно-связевой системы в строительстве московских 20—30-этажных зданий.

Известны и другие рамно-связевые системы:

- 1) с жесткими включениями в виде сплошных панелей или связевых ячеек;
 - 2) с горизонтальными поясами жесткости в виде связевых ферм, решетчатых ригелей, балок-стенок;
 - 3) с пространственными ростверками из решетчатых или сплошных элементов.
- Они могут быть образованы на основе любой из рассмотренных выше систем.

На рисунке 4 показаны рамно-связевые системы с жесткими включениями. Отдельно расположенные жесткие включения слабо влияют на общий характер работы системы, но способствуют снижению сдвиговых смещений. Если жесткие включения составляют геометрически неизменяемую конфигурацию, то жесткость системы в целом существенно повышается.

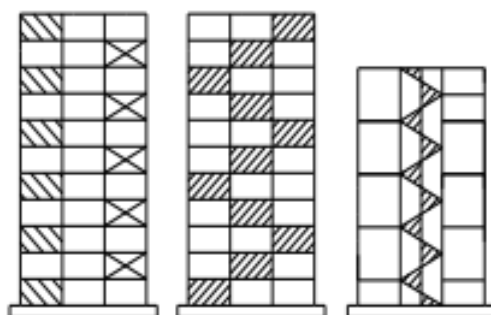
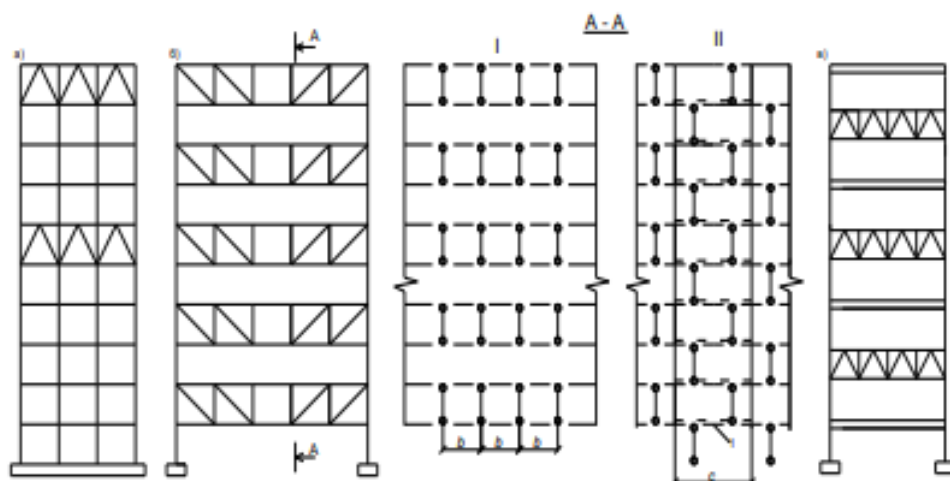


Рисунок 4 – Рамно – связевые системы с жесткими включениями

Возможные варианты рамно-связевых систем с горизонтальными поясами жесткости (см. рисунок 5). Пояса жесткости, дополняющие обычную рамную систему, снижают ее горизонтальные перемещения в результате повышения сопротивления относительно сдвигу смежных колонн и перекосу ячеек рамы и приближают эпюру осевых деформаций при общем изгибе системы к линейной. В производственных и общественных зданиях с увеличенными пролетами поясами жесткости являются решетчатые ригели высотой в этаж (см. рисунок 5, б), имеющие в местах проемов рамные вставки. При одинаковом расположении ригелей в соседних рамах (схема I) чередуются этажи с большой свободной площадью и стесненными условиями. Этот недостаток устраняется при шахматном расположении ригелей (схема II), которое обеспечивает на всех этажах достаточно крупные по размерам помещения в результате поочередного опирания плит перекрытия на верхние и нижние пояса ригелей и удвоения их шага.

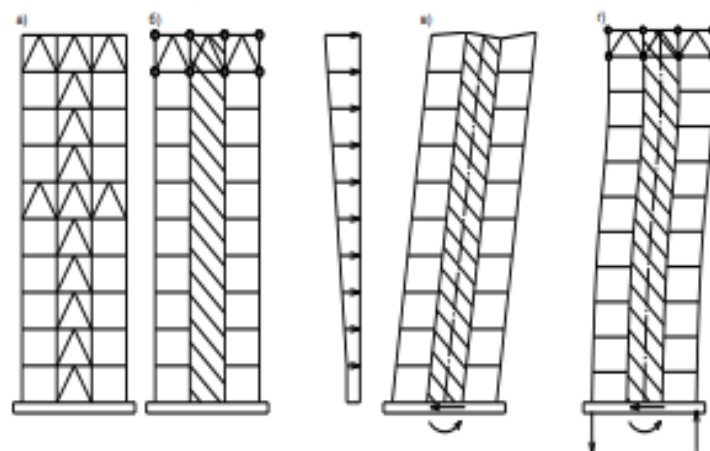


- а – пояса жесткости в обычной рамной системе; б – фермы – ригели через этаж;
 в – фермы – ригели через два этажа;
 г – с одинаковым расположением в соседних рамах;
 д – с шахматным расположением в соседних рамах; е – ширина блока.

Рисунок 5 – Рамно – связевые системы с горизонтальными поясами жесткости

Если схема I близка по работе к рамной системе, то схема II образует в продольном сечении здания пространственную конструкцию ячеистой структуры. В условном блоке, выделенном на схеме II, смещенные ригели разных этажей объединены жесткими перекрытиями в непрерывную связевую конструкцию, хорошо сопротивляющуюся горизонтальным нагрузкам, перпендикулярным к продольному сечению здания. При высоком насыщении помещений техническими средствами и сильно развитом инженерном оборудовании, требующем осмотра, ремонта или замены, решетчатые пояса-ригели размещают в пределах технических этажей пониженной высоты, следующих через два обычных этажа (см. рисунок 5, в). Это дает возможность подвести все необходимые коммуникации к каждому этажу, сверху или снизу.

Пояса жесткости и ростверки, объединенные с вертикальными несущими конструкциями связевых систем, образуют новый вид рамно-связевых систем (см. рисунок 6). Особенность их состоит в том, что колонны, обычно не участвующие в работе связевой системы на горизонтальную нагрузку (см. рисунок 6, в), с помощью пояса или ростверки включаются в работу всей системы. Испытывая только продольные усилия растяжения и сжатия, подобно волокнам каркасной консоли, но не усилия изгиба, как в раме, колонны уравнивают значительную часть общего момента от горизонтальных нагрузок и разгружают основную связевую конструкцию. При этом горизонтальные перемещения системы уменьшаются на 30—40% и резко снижаются перекосы ячеек в верхней части здания (см. рисунок 6, г), неблагоприятно влияющие на ограждающие конструкции. Подобные пояса жесткости и ростверки целесообразны и в системах с несколькими диафрагмами или стволами, в том числе в системе с внутренним и внешним стволами, обеспечивая их взаимодействие, более рациональное распределение внутренних усилий и повышение жесткости системы в целом.



- а – сочетание поясов жесткости с вертикальной диафрагмой;
 б – сочетание пространственного ростверка со стволом;
 в, г – схемы деформирования без ростверка и с ростверком

Рисунок 6 – Рамно-связевые системы с поясами жесткости и ростверками

Библиографический список

1. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 2 Конструкции зданий.: Учеб. для строит. вузов/В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов, Б.И. Белый и др.; Под ред. В.В. Горева. – 3-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2004. – 528 с.:ил;
2. Пуховский А.Б., Арефьев В.М., Ламдон С.Е., Лафишев А.З. Многоэтажные высотные здания. – М.: Стройиздат, 1997.

Матвеев А.А. ВЫБОР СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	272
Боброва Е.Е., Музыченко Л.Н. ЛЕГКИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ В КАРКАСАХ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ	275
Буцук И.Н., Музыченко Л.Н, Бараксанова Д.А. РАМНЫЕ, СВЯЗЕВЫЕ И РАМНО-СВЯЗЕВЫЕ СИСТЕМЫ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ	277
Нагих Ю.В., Панов С.А., Панова В.Ф. ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЯТИЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА В СЕЙСМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ	283
Музыченко Л.Н., Буцук И.Н. КУПОЛЬНЫЕ ДОМА В СОВРЕМЕННОМ ИНДИВИДУАЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	285
Зимин А.В., Буцук И.Н., Семин А.П., Музыченко Л.Н. ПРОЦЕСС ОПТИМАЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАНОВ ЗАСТРОЙКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СИБИРИ	290
Поправка И.А., Стакин В.Н., Исаев И.П. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ И ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	293
Секция № 3 НОВЫЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕКОНСТРУКЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ	295
Рафальская Т.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОТЫ ТЕПЛООВОГО ПУНКТА ПРИ ПОМОЩИ ПЕРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕННИКОВ.....	295
Оленников А.А., Бабич А.В., Смирнова Е.В. ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПО РЕГИСТРАЦИИ И ЗАЩИТЕ ДАННЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	300
Чапаев Д.Б., Чапаева С.Г. УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ИНТЕНСИВНОСТИ ВНУТРЕННЕЙ КИСЛОРОДНОЙ КОРРОЗИИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ.	304
Чапаева С.Г., Чапаев Д.Б. ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕГАЗАЦИОННЫХ ТРУБ ЗАО НПП «АЛТИК» В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ..	308
Ланге Л.Р. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОДОПОДГОТОВКИ.....	312
Ланге Л.Р. ФИЛЬТРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ШАХТНЫХ ВОД	315
Башкова М.Н., Савенко О.Ю. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	318
Усольцев И.Е., Белозерова И.Л., А.П. Семин ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ	320
Башкова М.Н., Кузьмин А.В. АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ГАЗОМЕХАНИКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗВЕСТИ	323
Збродько П.В., Баклушина И.В. СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ НА БОРТУ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ.....	324
Сержантов Т.А., Баклушина И.В. СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ВОДЫ НА БОРТУ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ	326
SUMMERY	328
АВТОРСКИЙ АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	345