

УДК 624. 012 (575.2) (04)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЙСМОТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА НЕСУЩЮЮ СПОСОБНОСТЬ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

М.Д. Кутуев, Муқанбет кызы Э., А.М. Мисирова

Рассмотрены проблемы исследования и сейсмотеплотехнического анализа факторов, влияющих на несущую способность малоэтажных жилых зданий с учетом комплексного подхода к этим требованиям.

*Ключевые слова:* сейсмика; теплотехника; долговечность; ограждающие конструкции; тепловая защита; системы сейсмоизоляции; расход энергии.

При проектировании наружных ограждающих конструкций необходимо учитывать их долговечность, при выборе типа ограждения предпочтение отдается более долговечным конструкциям. Согласно нормам, жилые здания проектируют с наружными ограждающими конструкциями долговечностью не менее 50 лет [1, 2].

Необходимая долговечность наружных стен обеспечивается применением местных материалов, имеющих надлежащую прочность, а также соответствующими конструктивными решениями, предусматривающими в случае необходимости специальную защиту элементов конструкции, выполняемых из достаточно стойких материалов.

Климатические факторы активно влияют на долговечность наружных ограждений, а расчет долговечности относится к одной из характеристик расчета несущей способности малоэтажных зданий. Снижение долговечности приводит к появлению недопустимых прогибов, осадок, углов поворотов, колебаний, трещин и т. д. (расчет по второй группе предельных состояний) конструкций малоэтажных зданий [1, 2].

Для снижения потерь тепла в зимний период предусматриваются объемно-планировочные решения с наименьшей площадью ограждающих конструкций и рациональное использование эффективных теплоизоляционных материалов.

В зависимости от геологических и климатических условий кроме основных расчетов прочности и устойчивости могут проводиться и дополнительные расчеты. Например, для наружных стен кирпичных зданий наряду с основными расчетами на прочность необходимо провести теплотехнические расчеты, особенно в углах малоэтажных зданий и на участках

ограждающих конструкций, имеющих монолитные включения.

В связи с этим изменился подход к теплотехническому расчету ограждающих конструкций зданий. На ограждающие конструкции зданий приходится значительная часть (80 %) общих потерь тепла. Поэтому улучшение теплозащитных качеств ограждающих конструкций и снижение теплопотерь через них представляют важную задачу.

Во всем мире наблюдается тенденция к повышению сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. В Кыргызстане приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, в зависимости от градусо-суток отопительного периода, должно быть не менее 2,1–5,6 м<sup>2</sup>·°С/Вт для стен и 3,2–8,2 м<sup>2</sup>·°С/Вт – для покрытий. Такая оценка основана на анализе требуемого микроклимата помещений с учетом климатических параметров и методов расчета ограждений, стоимости топлива, причем увеличение сопротивления теплопередаче ожидается не за счет увеличения толщины стен, а за счет использования эффективных теплоизоляционных материалов.

При проектировании ограждающих конструкций часто возникает необходимость в расчете температурных полей, т. е. в расчете распределений температур либо по отдельным сечениям, либо во всем объеме конструкции. Такой расчет необходим для проверки теплозащитных качеств ограждающей конструкции и ее соответствия санитарно-гигиеническим требованиям.

В естественных условиях теплопередача через ограждающие конструкции всегда происходит в нестационарных условиях, так как непре-

рывно меняются условия окружающей среды – температура окружающего наружного воздуха, интенсивность солнечной радиации, сила и направление ветра.

На практике расчеты ограждений выполняются по расчетным параметрам, характеризующим определенные климатические условия.

Требования к повышению тепловой защиты зданий и сооружений, основных потребителей энергии, являются важным объектом государственного регулирования в большинстве стран мира. Эти требования рассматриваются также с точки зрения охраны окружающей среды, рационального использования невозобновляемых природных ресурсов и уменьшения влияния “парникового” эффекта и сокращения выделений двуокси углерода и других вредных веществ в атмосферу.

Настоящее исследование затрагивает часть общей задачи энергосбережения в зданиях. Одновременно с созданием эффективной тепловой защиты, в соответствии с другими нормативными документами, принимаются меры по повышению эффективности инженерного оборудования малоэтажных зданий, снижению потерь энергии при ее выработке и транспортировке, а также по сокращению расхода тепловой и электрической энергии путем автоматического управления и регулирования оборудования и инженерных систем в целом.

Нормы по тепловой защите зданий гармонизированы с аналогичными зарубежными нормами развитых стран. Эти нормы, как и нормы на инженерное оборудование, содержат минимальные требования, и строительство зданий может быть выполнено на экономической основе с существенно более высокими показателями тепловой защиты, предусмотренными классификацией зданий по энергетической эффективности.

Данные исследования предусматривают введение новых показателей энергетической эффективности зданий – удельного расхода тепловой энергии на отопление за отопительный период с учетом воздухообмена, теплопоступлений и ориентации зданий, устанавливающих их классификацию и правила оценки по показателям энергетической эффективности как при проектировании и строительстве, так и в дальнейшем при эксплуатации. Нормы обеспечивают тот же уровень потребности в тепловой энергии, что достигается при соблюдении ранее действовавшего СНиП 23-01-98 КР, но предоставляют более широкие возможности в выборе технических решений и способов соблюдения нормируемых параметров.

Рекомендуемые методы расчета теплотехнических свойств ограждающих конструкций для соблюдения принятых в новом действующем документе норм [1, 2], справочные материалы и рекомендации по проектированию излагаются в своде правил “Проектирование тепловой защиты зданий”.

Действующие нормы в Кыргызстане устанавливают требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций, теплоустойчивости помещений, теплоустойчивости ограждающих конструкций, теплоусвоению поверхности полов, сопротивлению воздухопроницанию и паропроницанию ограждающих конструкций и порядок теплотехнических расчетов.

К ограждающим конструкциям относятся наружные стены, полы по грунту, внутренние ограждающие конструкции между помещениями с различной температурой внутреннего воздуха, покрытия, перекрытия над верхними этажами, подвалами, техническими подпольями и проездами, заполнения проемов: окна, витражи, витрины, фонари, двери, ворота.

Ограждающие конструкции совместно с системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха должны обеспечивать нормируемые параметры микроклимата помещений при минимальном энергопотреблении [1].

Для сокращения расхода энергии на создание нормируемых параметров микроклимата помещений при проектировании зданий и сооружений следует предусматривать:

- расположение зданий и сооружений на участке строительства с учетом розы ветров [1, 3, 4] и требований по инсоляции помещений и озеленению территории;
- объемно-планировочные решения с обоснованными площадями ограждающих конструкций и минимально возможным соотношением периметра наружных стен к площади зданий, увеличение ширины здания, устройство входных двойных тамбуров в зависимости от расчетной температуры;
- конструкции и площади световых проемов, способствующие максимально возможному накоплению солнечной энергии в холодный период года, но исходя из требований к естественной освещенности и действующего нормативного документа;
- возможность устройства зимой светопроемов с дополнительной замкнутой воздушной прослойкой, использование многослойного остекления с применением селективных, отражающих, поглощающих и утепленных сте-

кол, а также постоянных и временных теплозащитных экранов в виде монопанелей, ставней и др.;

- уплотнение притворов в заполнениях проемов и сопряжений элементов в наружных стенах и покрытиях с обязательной герметизацией по периметру оконных и наружных дверных блоков;
- солнцезащиту световых проемов в соответствии с нормативной величиной коэффициента теплопропускания солнцезащитных устройств;
- возведение крыш с теплым вентилируемым чердаком.

При разработке или реконструкции генеральных планов малоэтажной жилой застройки отдавать предпочтение южным склонам рельефа, избегая низины или вершины возвышенностей.

Для защиты зданий от ветрового воздействия использовать зеленые насаждения, особенности ландшафта. Здания ориентировать по сторонам света и направлению господствующих ветров, размещая минимальное количество проемов в стенах, ориентированных на север и по направлению господствующих ветров.

Технические решения ограждающих конструкций должны предусматривать требуемый настоящими нормами тепловлажностный режим эксплуатации конструкций, обеспечивающий их долговечность и сохранение теплозащитных характеристик материала [1].

В многослойных наружных стенах производственных зданий с влажным или мокрым режимом помещений допускается предусматривать устройство вентилируемых воздушных прослоек, а при непосредственном периодическом увлажнении стен помещений – устройство вентилируемой прослойки с защитой внутренней поверхности от воздействия влаги.

В наружных стенах зданий с сухим или нормальным режимом помещений допускается предусматривать невентилируемые (замкнутые) воздушные прослойки и каналы высотой не более высоты этажа и не более 6 м.

Полы на грунте в помещениях с нормируемой температурой внутреннего воздуха, расположенные выше отмостки здания или ниже ее не более чем на 0,5 м, должны быть утеплены в зоне примыкания пола к наружным стенам шириной 0,8 м путем укладки по грунту слоя неорганического влагостойкого утеплителя толщиной, определяемой из условия обеспечения термического сопротивления этого слоя утеплителя не менее термического сопротивления наружной стены [3, 4].

Для жилых зданий в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 35 °С и ниже следует предусматривать обогрев поверхности полов, расположенных над холодными подпольями жилых помещений.

Строительство жилых зданий должно осуществляться в соответствии с требованиями к тепловой защите зданий для обеспечения установленного для проживания и деятельности людей микроклимата в здании, необходимой надежности и долговечности конструкций, климатических условий работы технического оборудования при минимальном расходе тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий за отопительный период.

Долговечность ограждающих конструкций следует обеспечивать применением материалов, имеющих надлежащую стойкость (морозостойкость, влагостойкость, стойкость против коррозии, высокой температуры, циклических температурных колебаний и других разрушающих воздействий окружающей среды), предусматривая в случае необходимости специальную защиту элементов конструкций, выполняемых из недостаточно стойких материалов.

В действующих нормах устанавливаются требования к:

- приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий;
- ограничению температуры и недопущению конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции, за исключением окон с вертикальным остеклением;
- удельному показателю расхода тепловой энергии на отопление здания;
- теплоустойчивости ограждающих конструкций в теплый период года и помещений зданий в холодный период года;
- воздухопроницаемости ограждающих конструкций и помещений зданий;
- защите от влаги ограждающих конструкций;
- теплоусвоению поверхности полов;
- классификации, определению и повышению энергетической эффективности проектируемых и существующих зданий;
- контролю нормируемых показателей, включая энергетический паспорт здания [3, 4].

За счет оптимизации ограждающих конструкций (в сторону уменьшения за счет применения эффективных утеплителей) происходит положительное влияние на сейсмозащиту жилых зданий (за счет уменьшения массы здания).

Данное исследование направлено на разработку и применение систем сейсмоизоляции,

снижающих воздействие сейсмических нагрузок на конструкции зданий. Системы сейсмоизоляции предназначены для:

- снижения расчетных сейсмических нагрузок на конструкции зданий;
- увеличения расстояния между несущими стенами;
- повышения высоты зданий;
- уменьшения армирования.

Расчет, конструирование и проектирование систем сейсмоизоляции проводятся на основании требований, разработанных для каждого типа систем сейсмоизоляции. При комплексном применении систем сейсмоизоляции необходимо учитывать их совместную работу на стадии расчета и проектирования. Каждое первое конструктивное решение здания с системой сейсмоизоляции должно быть смоделировано и испытано на приведенные расчетные динамические нагрузки. Результаты испытаний должны быть оформлены в установленном порядке и приложены к проектной документации.

Испытание моделей здания с системами сейсмоизоляции на динамическую нагрузку должны проводить специализированные организации, имеющие соответствующую лицензию, сертифицированных специалистов и необходимое оборудование.

Системы сейсмоизоляции могут производить организации, имеющие лицензию соответствующего направления и квалификационно-сертифицированных специалистов.

Строительство малоэтажных зданий с системами сейсмоизоляции допускается по согласованию Государственного органа по архитектуре и строительству на основании расчетов технико-экономической эффективности проектного решения, результатов экспериментальных и теоретических исследований при условии динамического расчета в соответствии с требованиями настоящих рекомендаций. При этом необходимо наличие заключения головной научно-исследовательской организации по сейсмостойкому строительству.

Конструктивные решения фундаментов должны предусматривать равномерность их осадки.

При использовании систем сейсмоизоляции должны соблюдаться все требования действующих норм.

Системы сейсмоизоляции должны обладать осевой симметрией. Оси симметрии всех сейсмоизолирующих систем при монтаже следует располагать вдоль направления действия силы тяжести.

При выборе объемно-планировочных и конструктивных решений жилых зданий с системами сейсмоизоляции необходимо соблюдать симметричность распределения масс и жесткостей в плане и ограничивать их протяженность. Системы сейсмоизоляции должны быть автономны и допускать профилактический осмотр и, при необходимости, замену. За счет применения сейсмоизолирующих систем расчетная сейсмическая нагрузка может быть снижена в 1–3 раза в зависимости от грунтовых условий, высоты здания и конструктивного решения. В зависимости от конструктивной схемы и высоты здания системы сейсмоизоляции могут размещаться между конструкциями надземной части здания и подвального этажа, надземной части и фундамента, цокольного этажа и фундамента, в качестве стен или связей [1, 5–10].

Таким образом, для создания надежного, экономичного, сейсмостойкого и теплоустойчивого здания должен быть применен комплексный подход ко всем предъявляемым требованиям к жилым зданиям. В результате сейсмоклиматического анализа последствий землетрясений сформулирован принцип проектирования сейсмостойких жилых зданий, обеспечивающий снижение сейсмической нагрузки, осуществление которой достигается уменьшением массы конструкции благодаря применению более легких и эффективных (по теплотехнике и прочности) строительных материалов, конструкций и выбором конструктивной схемы с оптимальной динамической жесткостью и затуханием.

#### *Литература*

1. Кутуев М.Д. Теория и практика сейсмозащиты сооружений / М.Д. Кутуев, Б.Т. Укуев, Б.С. Матозимов и др. Бишкек, 2010. 371 с.
2. Токтонасаров Ж.М. Стохастический метод расчета гибких зданий, жестко заделанных на фундамент, на сейсмостойкость / Ж.М. Токтонасаров, Б.С. Матозимов // Вестник КГУСТА. Вып. 2 (8). Бишкек, 2005. С. 25–31.
3. СНиП КР 23-01-2009. 21-10-2009-А. Строительная теплотехника (Тепловая защита зданий).
4. СНиП КР 23.101-2009. 11.12.2009. Проектирование тепловой защиты зданий.
5. Матозимов Б.С. Современное состояние сейсмостойкости / Б.С. Матозимов // Вестник КазАТК им. М. Тынышпаева. Вып. 2 (2). Алматы, 2005. С. 11–16.
6. Поляков С.В. Современные методы сейсмозащиты зданий / С.В. Поляков, Л.Ш. Килимник, А.В. Черкашин. М.: Стройиздат, 1989. 320 с.

7. *Хачиян Э.Е.* Динамические модели сооружений в теории сейсмостойкости / Э.Е. Хачиян, В.А. Амбарцумян. М.: Наука, 1981. 203 с.
8. *Токтонасаров Ж.М., Матозимов Б.С.* Заявка № 20060008.2, положительное решение о выдаче патента от 14.11.2006. Гибкое сейсмостойкое здание. Бишкек, 2006. 2 с.
9. *Кутуев М.Д.* Экспериментальный проект гибкого здания с шарнирами пластичности / М.Д. Кутуев, Б.С. Матозимов, Ж.М. Токтонасаров // *Механика и моделирование процессов технологии.* Вып. 2. Казахстан, Тараз, 2005. С. 231–236.
10. *Матозимов Б.С.* Анализ уравнений свободного незатухающего колебания / Б.С. Матозимов, Ж.М. Токтонасаров // *Известия ОшГУ.* Вып. 2. 2005. С. 57–59.