

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Восточно-Казахстанский государственный технический университет
им. Д. Серикбаева

УДК 624.042.7

УСТИМЕНКО ОЛЬГА СЕРГЕЕВНА

6N0729 - Строительство

Исследование сейсмобезопасности и сейсмоусиление учебного корпуса Г-3
ВКГТУ им. Д. Серикбаева

РЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени магистра техники и технологии
по специальности строительства**

Усть-Каменогорск 2010

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы

В связи с изменением карты сейсмического районирования изменилась расчетная интенсивность сейсмических воздействий в г. Усть-Каменогорске с 6 до 7 баллов. По этой причине большинство существующих зданий, в особенности каменных, не отвечают требованиям современных нормативных документов по сейсмостойкому строительству.

При строительстве здания корпуса ГЗ ВКГТУ им. Д. Серикбаева не были учтены обязательные конструктивные требования по его сейсмоусилению, так как здание строилось до введения в действие новой карты сейсмического районирования Республики Казахстан.

Целью диссертационной работы является повышение сейсмобезопасности здания, для достижения которой решаются следующие задачи:

- проводится анализ конструктивного решения здания с целью выявления несоответствий обязательным требованиям норм проектирования;
- исследуются прочностные характеристики кирпичной кладки;
- разрабатываются рекомендации по сейсмоусилению;
- проводится проверочный расчет здания на фактически действующие нагрузки с учетом сейсмического воздействия до и после реконструкции.

Объект исследования

Объектом исследования реферируемой работы является действующий корпус Г-3 ВКГТУ им. Д. Серикбаева.

Методика исследований

Исследования проводились теоретически и экспериментально.

В основе методики исследования лежит метод конечных элементов, который реализован в программно-вычислительном комплексе (ПК) SCAD через метод дискретизации сплошной среды.

При экспериментальных исследованиях были изучены прочностные характеристики кирпичной кладки в лаборатории ВКГТУ им. Д. Серикбаева. Образцы для испытания были отобраны на техническом этаже корпуса Г-3.

Объем и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемых источников. В тексте имеются 15 рисунков, 10 таблиц и 5 приложений. Общий объем диссертации 89 листов.

Ключевые слова. Термины и определения

Конструктивная система здания – совокупность взаимосвязанных конструкций здания, обеспечивающих его прочность, жесткость и устойчивость.

Реконструкция - проведение работ, выполняемых с целью изменения основных технико-экономических показателей здания или изменения его функционального назначения.

Сейсмическое воздействие — специализированное понятие, которое в практике расчетов на сейсмостойкость характеризует колебательное движение грунта при землетрясении, создающее кинематическое возбуждение колебаний исследуемого объекта.

Сейсмичность района строительства — максимальная интенсивность сейсмических воздействий (в баллах) на площадке строительства, прогнозируемая с учетом ее инженерно-геологического строения.

Сейсмобезопасность зданий и сооружений — способность зданий и сооружений переносить сейсмическое воздействие без повреждений и разрушений, представляющих прямую угрозу для безопасности людей.

Сейсмостойкость зданий и сооружений — способность зданий и сооружений переносить сейсмические воздействия, сохраняя свои эксплуатационные качества в пределах, предусмотренных положениями действующих норм.

Усиление — проведение мероприятий, в результате которых повышается первоначальная несущая способность конструкций (здания).

Этаж мансардный - этаж в чердачном пространстве, фасад которого полностью или частично образован поверхностью (поверхностями) наклонной, криволинейной или ломаной крыши, при этом линия пересечения плоскости крыши и фасада должна быть на высоте не более 1,5 м от уровня пола мансардного этажа.

Этаж технический — этаж для размещения инженерного оборудования и прокладки коммуникаций.

Автор приносит глубокую благодарность канд. техн. наук, профессору ВКГТУ Хапину А.В., старшему преподавателю кафедры «Строительство зданий, сооружений и транспортных коммуникаций» Губареву В.В., ведущему инженеру лаборатории НАДОСК Кенетбаеву Болату Сабиткановичу за большую помощь и содействие в работе и в организации теоретических и экспериментальных исследований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации и намечена цель исследования.

Глава 1

В первой главе приводится анализ соответствия конструктивного решения здания учебного корпуса требованиям сейсмобезопасности, проводится аналитический обзор существующих конструкций мансард в мировой практике, предлагаются архитектурно-строительные решения мансардного этажа корпуса Г-3, оценивается экономическая эффективность принятого решения.

Первой ступенью процесса разработки рекомендаций по сейсмоусилению здания является проведение объективного анализа конструктивного решения с

целью выявления несоответствий обязательным требованиям норм проектирования.

Анализ конструктивного решения корпуса ГЗ до реконструкции позволил сделать вывод о его частичном соответствии нормам и необходимости увеличения уровня сейсмобезопасности здания. Определенный коэффициент соответствия составил:

$$K_{\text{соот}}^1 = n_{\text{с}}/n_{\text{от}} = 8/14 = 0,57.$$

где $K_{\text{соот}}^1$ – коэффициент соответствия действующим нормам до реконструкции;

$n_{\text{с}}$ – количество соответствий требованиям норм [1] по пунктам;

$n_{\text{от}}$ – общее количество пунктов [1], по которым проводился анализ.

Согласно п. 10.11 [1] сейсмобезопасность зданий существующей застройки можно обеспечить:

- изменением функционального назначения зданий (снижением уровня ответственности);
- снижением массы зданий (например за счет демонтажа верхних этажей или замены тяжелых несущих элементов на более легкие);
- усилением или восстановлением несущих и ненесущих элементов;
- изменением конструктивных и объемно-планировочных решений.

Для реконструкции и сейсмоусиления существующего технического этажа основным направлением был выбран путь снижения массы здания за счет демонтажа сборных железобетонных плит покрытия технического этажа с устройством мансардного этажа. Демонтаж тяжелых элементов покрытия технического этажа позволяет снизить постоянные нагрузки, действующие в уровне технического этажа, устройство мансардного этажа из легких деревянных ферм, форма покрытия которого будет способствовать лучшему сдвугу снега в зимний период, обеспечивает снижение снеговой нагрузки.

Мансарда, как тип архитектурного компонента здания, по своему происхождению восходит к творчеству французского зодчего Франсуа Мансара, который в середине XVII века сделал всеобщим достоянием строительный приём, позволяющий оборудовать чердачные помещения под жилые комнаты. Имя Mansarde с тех пор прочно вошло в языки разных народов Европы для обозначения помещений, расположенных полностью или частично внутри двускатной стропильной крыши.

Повышение сейсмобезопасности здания – не единственное преимущество, которое дает надстройка мансардного этажа. Реконструкцией технического этажа мансардного типа предусматривается расположение учебных аудиторий, кабинетов, санузла, коридора. Площадь учебных аудиторий принята $2,2 \text{ м}^2$ на одного учащегося.

При строительстве мансардного этажа задействуется инфраструктура корпуса Г-3. Холодное и горячее водоснабжение санитарно-технических приборов предусматривается от существующих систем водоснабжения с подключением к существующим стоякам. Увеличение площади административных помещений и студенческих аудиторий происходит без

отвода земель и прекращения эксплуатации здания. Исключаются затраты на устройство фундаментов.

Благодаря этому, затраты на строительство квадратного метра мансарды составили меньшую стоимость, чем при строительстве нового здания. Стоимость 1 кв.м. мансардного этажа согласно сметному расчету (2009г.) с монтажными и демонтажными работами – 46, 152 тыс. тенге. Тогда как стоимость одного квадратно метра согласно данным № 06-01/117 от 8 апреля 2010г. Агентства Республики Казахстан по статистике на 2009 г. – 137,5 тыс. тенге.

Глава 2

Во второй главе излагается методика и результаты экспериментальных исследований прочностных характеристик кирпичной кладки.

Исследования проводились в лаборатории ВКГТУ им. Д. Серикбаева. Образцы для испытания были отобраны на техническом этаже корпуса Г-3 с соблюдением требований ГОСТ 24992-81, ГОСТ 8462-85, ГОСТ 5802-86.

Определение прочности сцепления производились путем испытания на осевое растяжение элементов кладки стен в построечных условиях по ГОСТ 24992-81. На стройке был выбран один участок на техническом этаже для отрыва 5 кирпичей и применено соответствующее оборудование. При испытании нагрузка возрастала непрерывно с постоянной скоростью 0,006 МПа/с (0,06 кгс/см² в секунду).

Среднюю предельную прочность сцепления в кладке стен, определили как среднеарифметическую по результатам 5 испытаний в здании:

$$R_t^{\text{cp}} = 1,228 \text{ кгс/см}^2.$$

Определение пределов прочности при сжатии и изгибе кирпича каменной кладки корпуса Г-3 вели с соблюдением требований ГОСТ 8462-85.

Предел прочности при изгибе $R_{\text{изг}}$, МПа (кгс/см²), образца вычислили по формуле:

$$R_{\text{изг}} = \frac{3 \cdot P_{\text{изм}} \cdot a}{2 \cdot b_{\text{cp}} \cdot h_{\text{cp}}^2},$$

где: P - наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, кгс;

l - расстояние между осями опор, см;

b - ширина образца, см;

h - высота образца посередине пролета без выравнивающего слоя, см.

Предел прочности при сжатии кирпича определили на образцах, состоящих из двух половинок кирпичей и вычислили по формуле:

$$R_{\text{сж}} = \frac{P}{F},$$

где: P - наибольшая нагрузка, установленная при испытании образца, кгс;

F - площадь поперечного сечения образца, вычисляемая как среднее арифметическое значение площадей верхней и нижней его поверхностей, см^2 .

Анализ данных испытания показал, что марка кирпича 100.

Прочность раствора определяли по ГОСТ 5802-86 путем испытания на сжатие кубов с ребрами 2-4 см, взятых из горизонтальных швов кладки.

Было определено, что прочность раствора при сжатии соответствует марке раствора 75.

Таким образом, в результате проведенных испытаний экспериментальных исследований были определены марки раствора и кирпича, а также вычислен предел прочности R_t^c при осевом растяжении кирпичной кладки.

В соответствии с требованиями п.п. 7.89, 7.93 [1] был сделан вывод о том, что прочностные характеристики кирпичной кладки отвечают нормативным требованиям.

Глава 3

В третьей главе разрабатываются мероприятия по сейсмоусилению корпуса Г-3.

По конструктивному решению корпус Г-3 представляет собой бескаркасное здание с продольными несущими стенами толщиной 510 мм (две наружные и две внутренние стены).

В поперечном направлении здание трехпролетное: крайние пролеты А-Б и В-Г составляют 6400 мм, средний пролет Б-В – 4200 мм. Здание имеет подвальный этаж высотой 2.7 м, четыре надземных этажа высотой 3.6 м и пятый технический этаж в осях Б-В, 2-23.

Фундаменты здания ленточные из бетонных блоков, уложенных на железобетонные подушки. Отметка подошвы фундамента минус 4.870 м. Плиты перекрытий круглопустотные, железобетонные, опирающиеся на продольные несущие кирпичные стены. Технический этаж в осях Б-В имеет высоту в свету 2450 мм и перекрыт железобетонными плитами покрытия с утеплителем в виде керамзита толщиной 20÷80 мм и кровлей из четырехслойного рубероидного ковра по асфальтовой стяжке толщиной 20 мм. Плиты покрытия опираются на кирпичные стены (оси Б, В) толщиной 380 мм.

Конструкция крыши в пролетах А-Б и В-Г состоит из железобетонных пустотных плит перекрытия, слоя керамзита толщиной 180 мм, воздушной вентилируемой прослойки и покрытия из железобетонных плит, на которые уложен гидроизоляционный ковер из четырех слоев рубероида по асфальтовой стяжке толщиной 20 мм.

На основании результатов освидетельствования было установлено, что техническое состояние строительных конструкций (фундаментов, кирпичных стен, плит междуэтажных перекрытий и покрытия) работоспособное: дефектов, снижающих несущую способность конструкций, не обнаружено.

На основании освидетельствования и сопоставления нагрузок, действующих на здание учебного корпуса ГЗ, были сделаны следующие выводы.

1. Техническое состояние строительных конструкций здания работоспособное, при освидетельствовании дефектов не обнаружено.

2. Здание было построено до введения в действие новой карты сейсмического районирования Республики Казахстан, поэтому антисейсмические мероприятия предусмотрены не были.

3. Реконструкция пятого этажа, связанная с демонтажом железобетонных плит покрытия, кровли и утеплителя, позволит снизить сейсмические нагрузки на уровне верха четвертого этажа на 29.9% и повысит сейсмобезопасность здания.

4. Надстройка мансарды позволяет снизить снеговые нагрузки за счет ликвидации снеговых мешков и обеспечения сдува снега ветром на 28%.

5. Увеличение жесткости перекрытий четвертого и пятого этажей за счет армированного монолитного слоя в соответствии с п. 7.23 норм проектирования [1] и устройство антисейсмических поясов в уровне перекрытий повышают сейсмобезопасность здания.

6. Несущими конструкциями боковых мансардных пристроек должны быть легкие деревянные элементы, а стеновое ограждение и покрытие – с применением легких эффективных теплоизоляционных материалов (минераловатные плиты). Такое конструктивное решение допускается на основании примечания 2 к таблице 7.2 [1], в соответствии с которым максимальная высота здания определяется без учета технических и мансардных этажей и не должна превышать 16 м (фактически она составляет 15.5 м).

В связи с вышеизложенным реконструкция технического этажа с сейсмоусилением здания учебного корпуса ГЗ являлась не только целесообразной, но и необходимой.

Для сейсмоусиления существующего технического этажа предлагалось произвести:

- демонтаж сборных железобетонных плит покрытия технического этажа с целью устройства антисейсмического пояса по верху существующих кирпичных стен;

- демонтаж сборных железобетонных плит верхнего перекрытия существующего вентилируемого покрытия с целью устройства антисейсмического пояса по верху существующих кирпичных стен четвертого этажа;

- увеличение длины существующего технического этажа с армированием кирпичных стен в углах;

- увеличение жёсткости перекрытий над четвертым и пятым техническим этажом с помощью армированных бетонных стяжек, связанных с антисейсмическими поясами выпусками арматуры.

После разработки мероприятий по сейсмоусилению корпуса Г-3 был проведен повторный анализ соответствия принятого конструктивного решения

требованиям [1] с вычислением коэффициента соответствия $K_{\text{соот}}$ и сопоставление его с предыдущим, на основе чего был сделан вывод об увеличении сейсмобезопасности здания.

$$K_{\text{соот}}^2 = 0,68 > K_{\text{соот}}^1 = 0,57$$

где: $K_{\text{соот}}^2$ – коэффициент соответствия действующим нормам после сейсмоусиления;

$n_c = 9,5$ - количество соответствий требованиям норм [1] по пунктам;

$n_{\text{от}} = 14$ - общее количество пунктов [1], по которым проводился анализ.

Глава 4

В четвертой главе проводится проверочный расчет до и после реконструкции корпуса Г-3.

Статический расчёт существующего здания проводился на персональном компьютере по программе "SCAD". ПВК SCAD реализует численный метод дискретизации сплошной среды методом конечных элементов (МКЭ). Этот метод хорошо адаптирован к реализации на электронной вычислительной технике. По единой методике рассчитываются стержневые, пластинчатые и комбинированные системы. Удобно моделируются разнообразные граничные условия и нагрузки.

Расчетная схема существующего здания была принята в виде пространственного стержневого каркаса, состоящего из отдельных элементов продольных и поперечных стен, элементов покрытия и перекрытий здания. Так как здание является практически симметричным относительно центральной оси здания, то расчет проводился для одной половины здания. Исходными данными являлись геометрические размеры здания, а также действующие нагрузки, определенные на основании результатов натурного обследования здания, проектной документации и норм проектирования [2].

Расчеты здания после реконструкции проводились также на персональном компьютере по программе "SCAD". Расчетная схема проектируемого здания отличалась от существующего тем, что у существующего здания были сняты плиты покрытия в осях А-Б и В-Г, а также возведены мансардные конструкции из деревянных ферм.

Также была произведена проверка несущей способности кирпичных стен с простенками до и после реконструкции, которая выполнялась в соответствии с нормами проектирования по программе "Камин" ПВК SCAD. В результате чего было выявлено, что несущая способность до реконструкции необеспеченна, после – обеспечена.

Расчеты мансардных конструкций проектируемого пятого этажа выполнялись на персональном компьютере по программе "SCAD". Исходными данными являлись геометрические размеры рамы, а также действующие нагрузки, определенные на основании проектной документации и норм проектирования [2].

Ключевым моментом 4 главы явилось определение коэффициента R_s .

Согласно действующим нормам [1] коэффициент несущей способности конструкции оценивается соотношением:

$$r_s = \frac{W}{F},$$

где: W – показатель, характеризующий фактическую расчетную несущую способность конструкции;

F – показатель, характеризующий требуемую расчетную несущую способность конструкции.

Другими словами показатель W характеризует допустимую несущую способность конструкции исходя из ее геометрических и жесткостных параметров, а F характеризует требуемую несущую способность исходя из действующих на конструкцию нагрузок.

В программном комплексе «SCAD» прочностные показатели конструкции оцениваются коэффициентами использования – $K_{исп}$, которые характеризуют отношение действующих в элементах конструкции силовых факторов к допустимым значениям этих факторов. Таким образом, коэффициент $K_{исп}$ является обратной величиной по отношению к коэффициенту r_s и следовательно коэффициент r_s можно определить из соотношения:

$$r_s = \frac{1}{K_{исп}}.$$

Для зданий существующей застройки, к которым относится здание реконструируемого корпуса, коэффициент r_s должен иметь значение не менее 0.8. Указанный коэффициент оценивает сейсмические нагрузки. В статических расчетах в особые сочетания кроме сейсмических входят разные виды постоянных и временных нагрузок. Поэтому для сейсмических загрузок сразу был учтен коэффициент 0.8. Следовательно, окончательное значение коэффициента r_s было необходимо в нашем случае оценивать по формуле:

$$r_s = \frac{0.8}{K_{исп}}.$$

На основании приведенных расчетов максимальное значение коэффициента использования $K_{исп}$ до реконструкции составило 1.901. Тогда минимальное значение коэффициента r_s

$$r_s = \frac{0.8}{K_{исп}} = \frac{0.8}{1.901} = 0.421 < 0.5.$$

Следовательно, существующее до реконструкции здание согласно действующим нормам считается потенциально сейсмоопасным.

Максимальное значение коэффициента использования $K_{исп}$ после реконструкции составило 0.465. Тогда минимальное значение коэффициента r_s

$$r_s = \frac{0.8}{K_{исп}} = \frac{0.8}{0.465} = 1.720 > 0.8.$$

Следовательно, после реконструкции здание согласно действующим нормам считается сейсмобезопасным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты

В диссертационной работе получены следующие основные научные результаты:

1. Проведенный анализ конструктивного решения корпуса Г-3 показал необходимость сейсмоусиления здания.
2. Экспериментальными исследованиями прочностных характеристик кирпичной кладки было установлено, что они отвечают нормативным требованиям.
3. Были разработаны рекомендации по сейсмоусилению корпуса.
4. Проведенный проверочный расчет здания до реконструкции и после подтвердил правильность и целесообразность сейсмоусиления.

Новизна, научная и практическая значимость

Разработанные конструктивные решения обеспечивают сеймобезопасность действующего здания.

Устройство мансардного этажа позволяет

- получить дополнительные площади без затрат на усиление существующих конструкций;
- улучшить архитектурно-художественный облик здания корпуса Г-3 и всего ВКГТУ в целом за счет формирования единого объемного и цветового решения;
- осуществить надстройку здания без прекращения учебного процесса в корпусе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

1. СН РК 2.03-30-2006. Строительство в сейсмических районах / Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан, - Алматы, 2006. – 80 с.

2. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1987. – 36 с.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

УДК 624.042.7

О.С. Устименко (09-НСР-1), А.В. Хапин (ВКГТУ им. Д. Серикбаева)

«Анализ соответствия конструктивного решения здания учебного корпуса требованиям сейсмобезопасности». - «ТВОРЧЕСТВО МОЛОДЫХ - ИННОВАЦИОННОМУ РАЗВИТИЮ КАЗАХСТАНА»: МАТЕРИАЛЫ X Республиканской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 22,23 апреля 2010г. - Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2010. - ч.I. - С.206

АННОТАЦИЯ

Тақырыбы «Д. Серікбаев атындағы ШҚМТУ-дың Г-3 оқу корпусының сейсмикалық қауіпсіздігін және сейсмикалық күшейтілуін зерттеу» диссертация магистрант О.С. Устименкомен орындалды.

Ұсынылып отырған жұмыстың мақсаты ШҚМТУ Г-3 корпусы ғимаратының сейсмикалық тұрақтылығын көтеру болып келеді.

Диссертациялық жұмыста бірнеше **басты тапсырмалар** шешіледі.

Жобалау нормаларының міндетті талаптарына сәйкеспешіліктерді анықтау мақсатымен ғимараттың конструкторлық шешіміне талдау жүргізіледі. Кірпіш қалауларының төзімділік сипатына зерттеу жүзеге асырылады. Сейсмикалық күшею бойынша ұсыныстар әзірленеді. Сейсмикалық әсерді ескерумен ғимараттың негізделген әрекеттегі жүктемелеріне тексеру есебі жүргізіледі.

АННОТАЦИЯ

Диссертация на тему «Исследование сейсмобезопасности и сейсмоусиление учебного корпуса Г-3 ВКГТУ им. Д. Серикбаева» выполнена магистрантом Устименко О.С.

Целью реферируемой работы является повышение сейсмостойкости здания корпуса Г-3 ВКГТУ.

В диссертационной работе решаются несколько **основных задач**.

Проводится анализ конструктивного решения здания с целью выявления несоответствий обязательным требованиям норм проектирования. Осуществляется исследование прочностных характеристик кирпичной кладки. Разрабатываются рекомендации по сейсмоусилению. Проводится проверочный расчет здания на фактически действующие нагрузки с учетом сейсмического воздействия.

ANNOTATION

Dissertation on the theme “Research of seismic safety and increasing the seismic stability of D. Serikbayev G-3 EKTU building” was done by undergraduate Ustimenko O.S.

The aim of reviewed work is to increase the seismic stability of G-3 EKTU building.

In this Master's thesis some **primary problems** were solved. Design solutions of the building for the purpose of revealing non-conformity with the design rules have been analyzed. Strength characteristics of brickwork were investigated. The seismic stabilization recommendations were developed. Test calculations of actual loads have been made considering seismic loads.