

РАСЧЕТ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ КАРКАСНО-ЩИТОВЫХ ЗДАНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЗДАНИЙ В РАЙОНАХ ПОВЫШЕННОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

*Смирнов В.И., Акбиев Р.Т., кандидаты техн. наук,
Никитина Е.А., Чубаков М.Ж., инженеры
(ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко, филиал ФГУП НИЦ "Строительство")*

В последнее время во всех странах отмечается рост производства и применения деревянных конструкций. Такая тенденция характерна и для России.

С одной стороны, происходит переоценка древесины как строительного материала, дающего возможность создания экологически чистой и комфортной среды обитания человека. С другой стороны, разра-

ботка и внедрение современных технологий переработки древесины расширяет возможности ее использования как строительного материала, имеющего некоторые положительные особенности (как, например, анизотропия, ползучесть и релаксация).

До настоящего времени, применение промышленных деревянных конструкций в сейсмических

районах развивалось исключительно в малоэтажном строительстве. При этом для так называемых каркасно-обшивных конструкций нормами регламентированы наиболее жесткие ограничения.

Возникает естественное желание производителей переломить существующую тенденцию, ведь возможности "роста" зданий в высоту позволят не только минимизировать затраты на строительство, но и существенно расширить сферу применения (т.е. возможности сбыта) продукции.

Опыт показывает, что к решению данного вопроса следует с особой тщательностью. Ведь выбор правильного направления по модернизации домостроительных систем из древесины существенно зависит от качества проведенного анализа (оценки и подтверждения соответствия).

В настоящей работе, на основании анализа конструктивного решения конкретного трехэтажного здания гостиницы на 60 мест с общей площадью 1700 м² проведена оценка канадской домостроительной технологии NASCOR, которая позволяет возводить каркасно-обшивные деревянные здания с использованием несущих конструкций составного сечения из древесины и др. материалов. Проект разработан для применения в г. Анапе Краснодарского края на площадке расчетной сейсмичностью (с учетом грунтовых условий) 9 баллов.

План типового этажа гостиницы приведен на рис.1.

Общие сведения о домостроительной технологии NASCOR

Каркас здания выполняется из вертикальных несущих стоек, нижних и верхних обвязок, балок перекрытия, перемычек над проемами (рис.2).

Поперечное сечение несущих конструкций каркаса выполняется в двух видах: из досок хвойных пород 2 сорта (1), либо составным двутаврового сечения (2). Двутавровое сечение, в свою очередь, выполняется либо клееным с полками из досок хвойных пород 2 сорта толщиной 38 мм и стенкой из плит ОСП (древесно-стружечные с ориентированными древесными частицами), либо путем соединения на гвоздях дощатых полок с древесно-стружечной стенкой.

К основным достоинствам данной технологии производители относят:

- относительно небольшой собственный вес конструкций (важный фактор при строительстве в сейсмических районах);
- возможность использования для производства составных элементов местного сырья (древесины) или конструкционных материалов, содержащих отходы древесины;
- минимальные транспортные расходы и затраты на возведение при должном постоянном контроле качества;
- возможность монтажа в стесненных условиях с минимальным привлечением грузоподъемного оборудования (особенно важно при ликвидации чрезвычайных ситуаций природного характера).

На рис.3 представлен фрагмент сборного каркаса здания по технологии NASCOR.

При всех перечисленных преимуществах очевидны ограничения и сложности для применения данной технологии в сейсмических районах. По мнению специалистов ЦНИИСК, объемно-планировочное и конструктивное решение домов системы NASCOR должно быть однотипным: с небольшими размерами в плане (не более 10 x 10 м), без выемов в плане. Только при этих условиях допускается их возведение на 8-балльных площадках высотой не более 2 этажей.

Существенно отличаются от базовых параметров не только объемно-планировочное и конструктивное решение, но также этажность здания гостиницы в г. Анапе и балльность площадки.

Исходные данные по объекту исследований

Здание гостиницы 3-этажное с цокольным этажом, выполнено в едином объеме без антисейсмических швов и перепадов высот (рис.1). Высота типовых этажей - 2.70 м. Общая высота (до низа перекрытия (двускатной фермы)) составляет 9.40 м, до конька - 11.18 м. Фундаменты здания под несущими стенами - ленточные монолитные железобетонные толщиной 0,4 - 0,6 м. Стены цокольного этажа выполнены в монолитном варианте толщиной 300 мм. В качестве альтернативы предложен вариант конструкции наружных стен цокольного этажа из фибро-цементных плит "Минералит ХД" по металлическому каркасу, защищенных с наружной стороны защитной пленкой и утеплением из минераловатных плит.

Конструктивные элементы стен вышележащих этажей и перекрытий приняты по технологии канадской фирмы NASCOR. Основной принцип их конструирования приведен на рис.2-3.

При устройстве каркаса здания гостиницы применен платформенный стык панелей наружных стен и перекрытий, т.е. вертикальная нагрузка передается через швы и опорные участки перекрытий.

Для повышения надежности соединения надземной части с основанием, на фундамент, поверх слоя рубероида укладывается нижняя обвязка из антисептированного пиломатериала, которая крепится к цоколю анкерами диаметром 12 мм длиной 120 мм с шагом 1000 мм. На нижнюю обвязку устанавливаются балки перекрытия. По балкам перекрытия, для повышения жесткости, устраивается черновой пол с использованием плит ОСП толщиной 18 мм. На черновой пол через нижнюю обвязку устанавливаются стеновые панели, которые затем обвязываются верхней обвязкой. По верхней обвязке устанавливаются либо балки перекрытия, либо нижние пояса стропильных ферм.

Специалистами Лаборатории по сейсмостойкости сооружений ЦНИИСК изначально были высказаны обоснованные сомнения о принципиальной возможности применения предложенного проекта для заданных условий строительства.

До начала анализа были сформированы и доведены

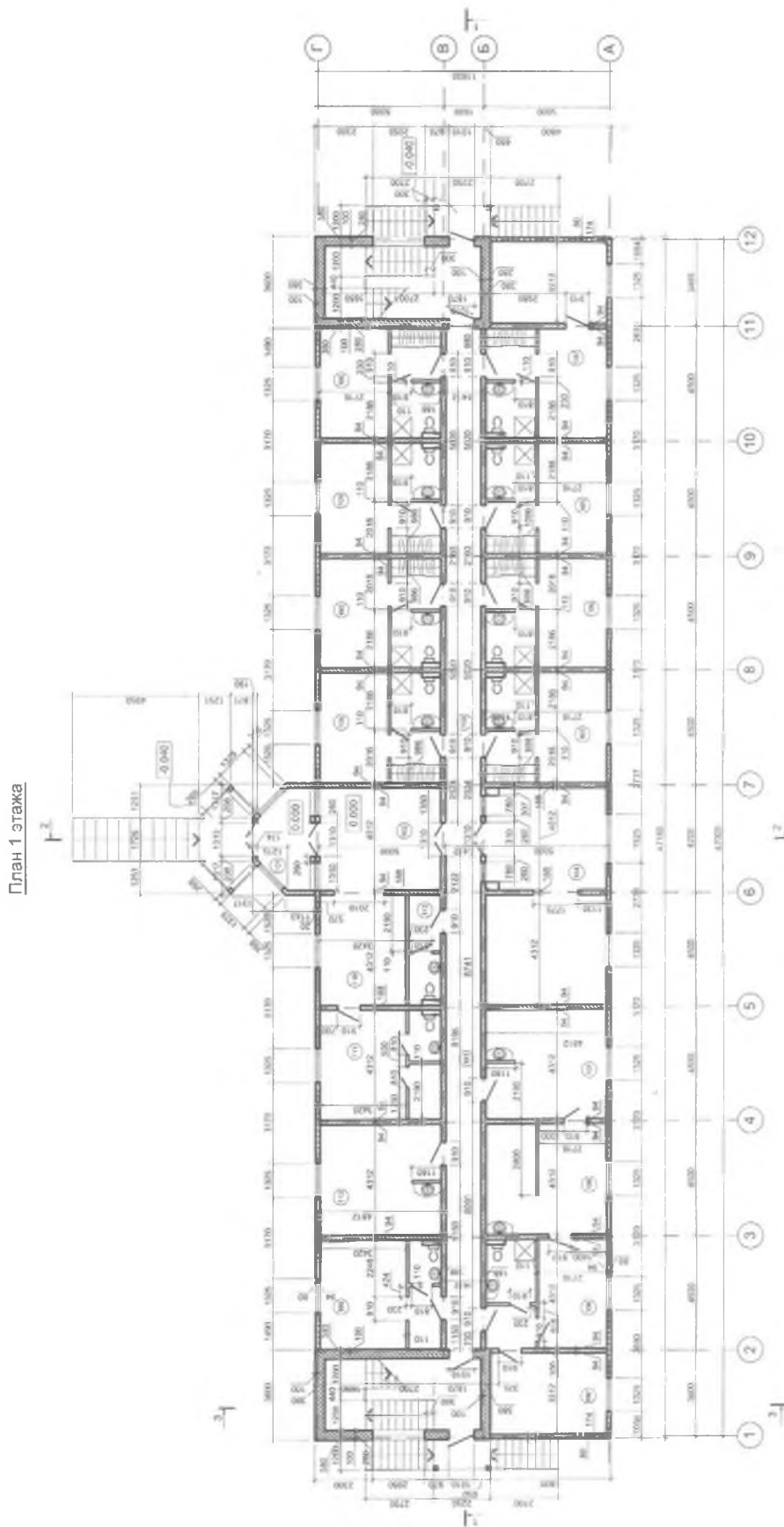


Рис. 1. План цокольного этажа здания гостиницы в г.Янапе

до сведения Проектировщика (ООО "Роснефтегазресурс") следующие принципиальные возможности корректировки первоначально принятых проектных решений с целью повышения сейсмостойкости объекта.

1. Первый и технический этажи здания предложено выполнить в традиционном варианте: стены - кирпичные или монолитные, перекрытия цокольного и 1-го этажей - монолитные железобетонные или из сборных пустотных плит с монолитным поясом. Стены, перекрытия 2-го и 3-го этажей, а также покрытие можно выполнить в конструкциях системы NASCOR.

2. Высказано предложение "ввести в план здания" лестничные клетки в осях "1-2", "11-12" - "Б-Г", выполнив их в виде ядра жесткости в кирпичном обрамлении.

3. В наземной деревянной конструкции предложено отказаться от эркеров (они запроектированы на верхних трех этажах), а также предусмотреть вертикальные и горизонтальные металлические связи по элементам каркаса.

Предложенные рекомендации позволяют существенно повысить "живучесть" конструкции при возможном сильном землетрясении. Но при таком подходе особое внимание следует обратить на стыки (сопряжения) и совместность работы элементов здания из разнородных материалов (кирпичные, бетонные и деревянные конструкции).

Проектировщиком была выполнена лишь часть рекомендаций, касающаяся устройства лестничных клеток (п.2); требования о необходимости устранения других несоответствий были поставлены под сомнение до получения результатов расчетного анализа.

С этой целью нами, с применением программного комплекса "SCAD Office", был выполнен детальный расчетный анализ для 3 вариантов различных конструктивных систем здания:

Вариант А. Базовый проектный вариант: наземные конструкции 3-этажей выполнены в конструкциях типа NASCOR. Здание имеет выносные лестничные клетки по осям "1" и "12";

Вариант Б. Для повышения сейсмостойкости здания в осях "1, 2" и "11, 12" между осями "Б" и "Г" выполнены лестничные клетки в виде ядер жесткости из кирпичной кладки с железобетонными включениями. Конструкции 3 верхних этажей выполнены по системе NASCOR;

Вариант В. В проектных решениях учтены все замечания, необходимые для обеспечения сейсмостойкости здания: первый этаж выполнен в "жестком" варианте из кирпичной кладки на 1-м этаже с лестничными клетками по варианту "Б", а верхние этажи - в системе NASCOR.

Результаты расчетного анализа

В результате сравнительного анализа были получены следующие выводы.

1. Использование системы деревянного домостроения NASCOR для строительства 2-этажных зданий допускается на площадках сейсмичностью не

более 8 баллов. При этом объемно-планировочное и конструктивное решение домов системы NASCOR должно быть однотипным: с небольшими размерами в плане (не более 10 x 10 м), без выемов в плане. В противном случае, строительство следует ограничивать 7-балльными площадками.

2. При больших нагрузках и высоте зданий несущей способности элементов конструкций и их соединений явно недостаточно, т.е. сейсмостойкость здания (например, гостиницы) не обеспечивается принятыми конструктивными решениями.

3. По результатам сравнительного анализа на особое сочетание нагрузок с учетом расчетной сейсмичности 9 баллов для вариантов "А" и "Б" были получены следующие результаты:

- максимальное относительное перемещение стен превышает допустимое значение (до 12 раз - для варианта "А" и до 4 раз - для варианта "Б");

- в нагельных соединениях (на шурупах) происходит существенное перенапряжение (порядка 4 раз) в местах крепления наружных обшивок стен здания с несущими стойками;

- несущей способности нагельных соединений (на гвоздях) обвязки с балками перекрытия также недостаточно (усилия превышают несущую способность в 7 раз).

- выявлено неблагоприятное, с точки зрения восприятия сейсмических нагрузок, распределение усилий в наружных стенах по оси "Г", где устроены эркеры.

При этом несущей способности стоек стен здания оказалось достаточно для восприятия действующих нагрузок (запас составляет 1,5-2 раза).

Несмотря на то, что введение "ядер жесткости" в виде лестниц для варианта "Б" позволяет существенно снизить перемещения здания (более 3 раз), общая "живучесть" системы не обеспечена.

Заключение

Результаты проведенных исследований показали следующее.

Использование системы NASCOR для строительства зданий высотой более 2-х этажей (вариант "Б") предполагает выполнение следующих мероприятий.

1. Следует ввести в конструктивную систему здания дополнительные элементы жесткости, которые будут воспринимать горизонтальные усилия, и препятствовать чрезмерным деформациям конструкций. В качестве таких элементов могут быть рекомендованы (помимо введенных ранее каркасно-каменных лестничных клеток по торцам здания) еще 1-2 кирпичные или монолитные ядра жесткости в средней части здания.

2. Необходимо дополнительно создать единую систему дополнительных конструктивных элементов, играющую связующую роль между ядрами жесткости. Это может быть металлическая или железобетонная рама по внутренним продольным стенам.

3. Очевидно, что при таком подходе встанет вопрос о разработке узлов крепления деревянных

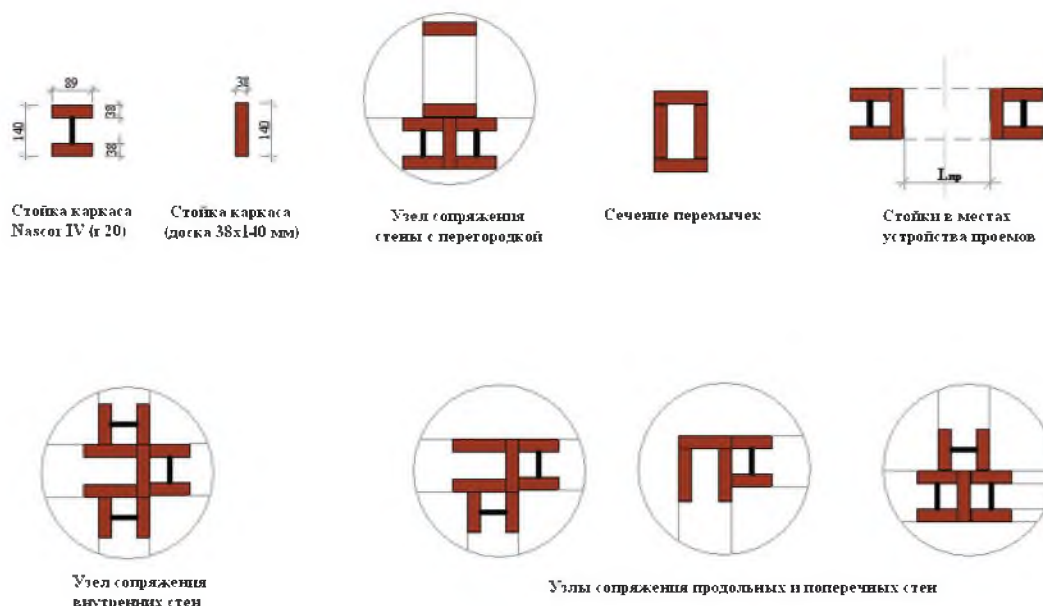


Рис.2. Составные элементы каркаса здания по системе NASCOR

конструкций к каменным (моноконтным) вертикальным элементам жесткости.

При этом, с целью повышения жесткости стен может возникнуть необходимость значительного (!) увеличения толщины внутренней обшивки, т.е. замену ГВЛ на листы OSB или фанеру.

4. Для обеспечения достаточной несущей способности нагельного соединения обшивок наружных стен с несущими стойками также обязательно следует решить вопрос об изменении толщины внутренней обшивки (т.е. замену ГВЛ на листы OSB или фанеры), с увеличением диаметра и уменьшения шага шурупов.

5. Усилению подлежит нижняя обвязка под наружные стены 1-го этажа.

Целесообразность всех вышеперечисленных мероприятий с технологической и экономической точки зрения вряд ли обоснована.

Более надежным и эффективным в сложившихся условиях следует признать конструктивное решение здания гостиницы по варианту "В", предложенное на начальном этапе взаимодействия с проектировщиком. Данный вариант повышения сейсмостойкости здания предполагает строительство цокольного и первого этажей с применением кирпичных или железобетонных конструкций, а 2 и 3 этажей - с применением конструкций системы NASCOR.

В этом случае, как показывает расчет, параметры несущей системы и деформативность ее элементов (соединений) не превышают нормативных значений.

Что касается общих выводов о расширении сферы

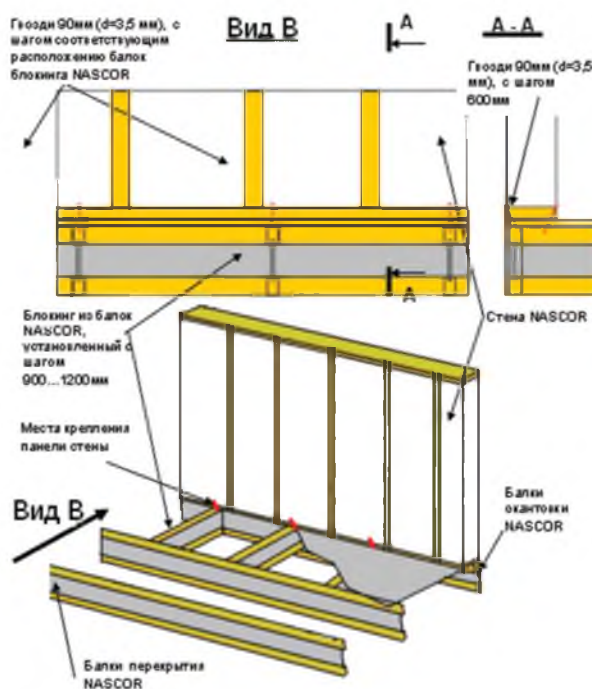


Рис.3. Узлы крепления конструкций по системе NASCOR

применения системы NASCOR для строительства в районах повышенной опасности, то выявить дополнительные резервы конструкций производства ООО "Ростнефтегурс" возможно путем проведения дополнительных расчетов и комплексных экспериментальных исследований.