

$$G_0 = \frac{2 \cdot E \cdot \eta \cdot t_0^3}{15 \cdot (1 - \nu^2) \cdot (1 - \beta)^3} \times (578 \cdot \eta \cdot (1 - \beta)^3 - 3 \cdot (1 - \nu) \cdot (1 - \beta)^2 + 20 \cdot \eta^2) \quad (3)$$

Для описания нелинейной работы узла в основу принята функция Ramberga-Osgooda.

$$\varphi = \frac{M}{G_0 \cdot \left( 1 - \left( \frac{M}{M_p} \right)^k \right)^{\frac{1}{k}}} \quad (4)$$

где  $\varphi$  – угол поворота ригеля в узле,  $M$  – действующий в узле изгибающий момент,  $k$  – параметр определяемый экспериментально. В отличие от функции Ramberga-Osgooda значения предельного момента  $M_p$  и упругой жесткости  $G_0$  находятся по предложенным выше формулам (1) и (3).

На рис.4 представлены экспериментальные зависимости «момент-угол поворота» ( $M-\varphi$ ) для Т-образных бесфасоночных узлов со стойками, заполненными бетоном; РВ-б(ост.) – остаточные углы поворота ригеля, измеренные после снятия прикладываемой к ригелю нагрузки;  $M-fi$  – полученная по предлагаемой феноменологической зависимости (4) теоретическая кривая «момент-угол поворота»; верхний предел, показанный на рисунках горизонтальной штрих-пунктирной линией, к которой асимптотически стремиться кривая  $M-fi$  – предельный воспринимаемый узлом момент, вычисляемый по предложенной методике (1), (2); наклонная штрих-пунктирная линия, касательная к кривой  $M-fi$  в начале координат – упругая жесткость узла, вычисляемая по предложенной формуле (3).

Результаты, получаемые по формулам (3) и (4), удовлетворительно согласуются с экспериментом. Зависимость (4) рекомендуется к использованию при компьютерном расчете

УДК 69.057.4:621.882

Чистяков А.М., Черноиван Н.В.

## КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ УЗЛОВ БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ

Сегодня все большее применение при возведении жилых зданий коттеджного типа во всем мире находят быстровозводимые модули на основе легких конструкций. Преимуществом таких зданий является возможность их возведения без использования кранового оборудования, что позволяет вести строительство в стесненных условиях и на труднодоступных площадках. Однотипность конструкций быстровозводимых зданий даёт возможность обеспечить существенное снижение трудоемкости общестроительных работ и гарантировать высокое качество при их выполнении.

Высокие эксплуатационные качества, технологичность возведения обусловили разработку проектных решений зданий такого типа во многих странах СНГ. Одной из наиболее перспективных разработок в этой области является система «Монопанель», созданная в ЦНИИЛМК (г. Москва, Россия) и позволяющая возводить жилые здания коттеджного типа [1, 2].

В качестве несущего стенового ограждения быстровозводимых зданий может быть использована разработанная и прошедшая апробацию в экспериментальном строительстве многослойная панель [3, 4]. Применение этой панели в системе «Монопанель» позволяет обеспечить гибкие архитектурно-планировочные решения и возможность их трансформации.

С целью внедрения системы «Монопанель» с многослойной несущей стеновой панелью в практику строительства

стальных конструкций с использованием итерационных процессов.

### ВЫВОДЫ

1. Заполнение прямоугольных труб бетоном позволяет повысить прочность узлов по отношению к полым на 20 – 40 %, жесткость на 30 – 60 %.
2. Результат расчета Т-образных бесфасоночных узлов из прямоугольных труб, заполненных бетоном, по впервые предложенной методике определения предельного момента хорошо согласуется с данными эксперимента и рекомендуется для практических расчетов.

Впервые полученная формула упругой жесткости и феноменологическая зависимость «момент-угол поворота» для Т-образных бесфасоночных узлов из прямоугольных труб, заполненных бетоном, с параметром  $\beta \leq 0,8$ , позволяет получить результат, имеющий удовлетворительное совпадение с данными эксперимента. Данная методика рекомендуется для использования при компьютерном расчете стальных конструкций из прямоугольных труб, заполненных бетоном, с использованием итерационных процессов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пособие по проектированию стальных конструкций (к СНиП II-23-81\*) – Москва, 1989. – 149с.
2. Лебедь В.А. Прочность Т-образных узлов из прямоугольных труб, заполненных бетоном: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01/ Брест. гос. техн. ун-т – Брест, 2001. – 147 с.
3. Лукша Л.К. Прочность трубобетона. — Мн.: «Вышэйшая школа», 1977. – 95с.
4. Зинкевич И.В., Лебедь В.А., Мухин А.В. К усилению Т-образных узлов из прямоугольных труб бетонами на напрягающих цементах// Технологии современных конструкций: Материалы юбилейной междунар. науч.-техн. конф. Кишинёв, 24-26 мая 2000г./ Молдавский техн. ун-т. – Кишинёв, МТУ, 2000. – С. 237-240.

разработаны конструктивные решения узлов соединения предлагаемой панели с элементами жилых зданий коттеджного типа.

### УЗЕЛ КРЕПЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ НЕСУЩЕЙ СТЕНОВОЙ ПАНЕЛИ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ РАМОЙ ОСНОВАНИЯ

Для крепления многослойной стеновой панели с металлической рамой основания (рис. 1) предлагается два варианта конструктивного решения. Различие вариантов узла крепления обусловлено тем, что жесткая рама основания может быть решена в двух вариантах: из зетобразного холодногнутого стального профиля (рис. 1а) или из швеллеров (рис. 1б).

В первом варианте жесткая рама основания изготавливается из зетобразных холодногнутого профилей, полученных гнутьем стального листа сечением 400×8 мм. Гнутые профили усилены ребрами жесткости, установленными с шагом 750 мм. Соединение ребер жесткости с элементами профиля осуществляется с помощью электродуговой ручной сварки (ГОСТ 5264-80\*) с катетом шва  $k=5$  мм. Ребра жесткости изготовлены путем термической резки по диагонали стальных листов 140×60×8 мм. К верхней грани большей полки зетобразных холодногнутого профилей электродуговой ручной прерывистой сваркой (ГОСТ 5264-80\*) с катетом шва  $k=5$  мм приварена стальная полоса сечением 40×6 мм. Она служит

Чистяков Анатолий Михайлович Д.т.н., профессор, академик РИА, директор ЦНИИЛМК (г. Москва).

Черноиван Николай Вячеславович. К.т.н., ст. преподаватель каф. строительных конструкций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БГТУ, 224107, г. Брест, ул. Московская, 267.

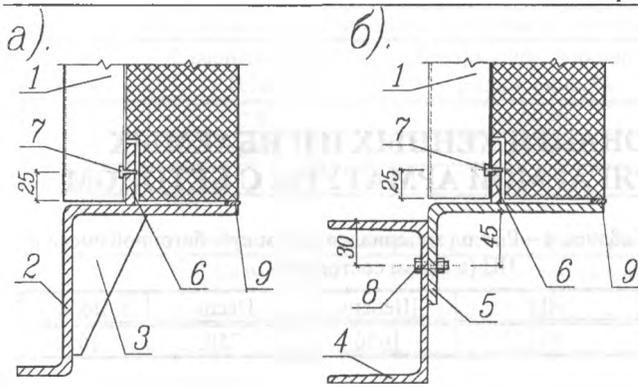


Рисунок 1 – Узел соединения многослойной несущей стеновой панели с металлической рамой основания:

а – жесткая рама основания, выполнена из зетобразного холодногнутого стального профиля; б – с жесткой рамой основания, выполненной из швеллеров;

1 – многослойная несущая стеновая панель; 2 – зетобразный холодногнутый стальной профиль (из полосы 400×8 мм (ГОСТ 82-70\*)); 3 – ребро жесткости (шаг 750 мм); 4 – стальной швеллер (№№10...14) (ГОСТ 8239-89); 5 – несущие элементы - неравнобокие уголки 140×90×8 мм (ГОСТ 8510-86\*); 6 – стальная полоса 40×6 мм (ГОСТ 103-76\*); 7 – самонарезающий винт В6×16 (ГОСТ 10621-80\*) (в каждой волне); 8 – болт М8 (ГОСТ 7802-72) (шаг 500 мм); 9 – пористая уплотняющая резиновая прокладка ПРП-40 (ГОСТ 19177-81) на клеящей каучуковой мастике КН-2 (ГОСТ 24064-80).

для соединения стеновой панели с жесткой рамой. Указанное соединение осуществляется самонарезающими винтами В6×16, которые ставятся в каждую волну профилированного листа на расстоянии 25 мм от обреза панели. После установки многослойных стеновых панелей в проектное положение с наружной стороны стык между несущим элементом и панелью уплотняется пористой резиновой прокладкой ПРП-40 на клеящей каучуковой мастике КН-2.

При выполнении рамы из стальных швеллеров (№№10...14) к их стенке с внешней стороны на болтах М8, поставленных с шагом 500 мм, крепятся несущие элементы, на которые опираются стеновые панели. Несущие элементы представляют собой неравнобокие уголки 140×90×8 мм. Соединение многослойной стеновой панели с жесткой рамой выполняется аналогично приведенному в первом варианте.

### УЗЕЛ СОЕДИНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ НЕСУЩЕЙ СТЕНОВОЙ ПАНЕЛИ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ РАМОЙ ПОКРЫТИЯ

Рассмотрено решение, когда крыша здания выполняется двухскатной из монопанелей покрытия, разработанных в ЦНИИЛМК (г. Москва, Россия) и припененный слой утеплителя марки «Пенорезол» защищен от механических и температурно-влажностных воздействий металлической черепицей (рис. 2).

В этом случае жесткая рама покрытия выполняется из зетобразного холодногнутого профиля, изготовленного из стального листа сечением 130×6 мм. Он укладывается на стойки каркаса и крепится к каждой волне профилированного листа стеновой панели самонарезающими винтами В6×30 на

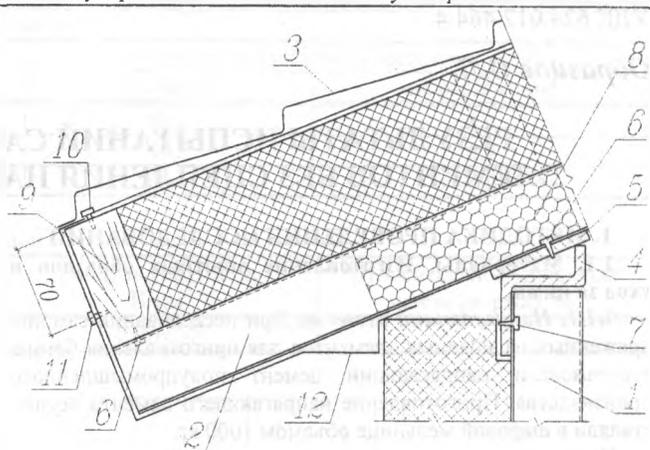


Рисунок 2 – Узел крепления многослойной несущей стеновой панели с металлической рамой покрытия:

1 – многослойная несущая стеновая панель; 2 – монопанель покрытия; 3 – листы металлочерепицы; 4 – рама покрытия - зетобразный холодногнутый профиль (из полосы 130×6 мм (ГОСТ 103-76\*)); 5 – усиливающая металлическая полоса 80×6 мм (ГОСТ 103-76\*); 6 – самонарезающий винт В5×16 (ГОСТ 10621-80\*) (шаг 500 мм); 7 – самонарезающий винт В6×16 (ГОСТ 10621-80\*) (в каждой волне); 8 – теплоизоляционный вкладыш (в каждой волне); 9 – антисептированный деревянный брусок 100×50 мм; 10 – самонарезающий винт В6×30 (ГОСТ 10621-80\*) с уплотнительной шайбой (в каждой волне металлочерепицы); 11 – самонарезающий винт В6×30 (ГОСТ 10621-80\*) (шаг 500 мм); 12 – металлический карниз.

расстоянии в 25 мм от обреза панели. Для данного конструктивного решения слой утеплителя многослойной стеновой панели не доводится до верхнего обреза на 50 мм, что позволяет обеспечить проектное опирание монопанелей покрытия. Площадка опирания панели покрытия на раму покрытия решена с помощью металлической полосы сечением 80×6 мм, прикрепленной к профилированному листу монопанели самонарезающими винтами В5×16 через волну. Для предотвращения образования «мостиков холода» в узле опирания монопанель покрытия утепляется теплозащитными вкладышами на основе жестких пенопластов.

Предлагаемые конструктивные решения узлов для быстрозводимых зданий с несущими стенами из многослойных панелей технологически достаточно просты и позволяют обеспечить высокое качество работ при существенном сокращении сроков строительства.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стеновые и кровельные трехслойные панели. – Проспект ЦНИИЛМК Минмонтажспецстроя СССР, 1990. – 3 с.
2. Шоболов Н.М. Новые металлические панели с утеплителем повышенной огнестойкости. – «Промышленное строительство», 1991, №3.
3. Черноиван Н.В. Многослойная несущая стеновая панель для жилых зданий // «Вестник БПИ – Строительство и архитектура», 2000. – №1. – С. 73...74.
4. Чистяков А.М., Расс Ф.В., Черноиван Н.В. К расчёту сжато-изогнутых несущих многослойных панелей // «Вестник БГТУ – Строительство и архитектура», 2001. – №1. – С. 51...55.