

связи с чем использование любых возобновляемых источников энергии всячески стимулируется правительством.

Для Республики Беларусь особенно актуальны стали в последние годы вопросы электро-, тепло-, ресурсосбережения, так как еще высоки удельные показатели энергопотребления на транспорте и в промышленности.

На основе изучения работы эксплуатирующихся в Республике Беларусь солнечных коллекторов, был проведен мониторинг гелиосистем, который позволил обобщить имеющийся опыт их эксплуатации.

Гелиоустановки в Гомельской области с успехом эксплуатируются сегодня на 30 объектах. Одними из первых гелиоустановки стали эффективно эксплуатироваться на ж/д транспорте, на Гомельской дистанции гражданских сооружений и Гомельской дистанции пути, где горячая вода используется для производственных и бытовых нужд – механической мастерской, буфета, душевой (от коллекторов, имеющих общую площадь 12,6 м², можно получать до 6 кВт тепловой энергии с емкостью объемом 500 л).

Гелиоустановки нагревают воду для эксплуатационных служб на железнодорожном транспорте, например, в вагонном депо удовлетворяется ежедневная потребность в подогреве эмульсии для мойки колёсных пар подвижного состава.

Гелиоустановки эффективно эксплуатируются на объектах железнодорожного транспорта: дистанции пути Барановичского отделения Бел. ж.д. и Волковысской дистанции пути, на мотор-вагонном депо Бел. ж. д. в Минске, локомотивном депо (дом отдыха для машинистов) в Полоцке, в доме отдыха локомотивных бригад в Калинковичах; на предприятии «Красносельскавтотранс» в Гродненской области (для прачечных и душевых).

Положительный многолетний опыт эффективной эксплуатации и производства современных солнечных коллекторов белорусскими специалистами в г. Гомеле, производящими мониторинговые исследования их работы, показал, что наиболее объективная и точная оценка работы гелиоустановки возможна при учёте солнечных часов в сутки, а не пасмурных и солнечных дней в году. Достаточно нескольких часов (двух-трех) появления солнца из-за туч в пасмурный день, чтобы температура в бойлере современной гелиоустановки восстановилась и повысилась, а современное утепление бойлеров позволяет длительное время поддерживать в нем высокую температуру.

Опыт эксплуатации существующих солнечных коллекторов в Беларуси показал их высокую эффективность в течении 7–8 месяцев в году (с марта по октябрь).

Гелиоустановки могут быть расположены на крышах и стенах зданий, на транспортных и промышленных сооружениях и не требуют для размещения дорогостоящей сельскохозяйственной или городской территории.

Солнечным панелям еще на стадии разработки проекта здания должна быть отведена дополнительная роль элементов перекрытия и оформления фасада (как это сделано во многих странах Западной Европы). В настоящее время имеется многообразие строительных технологий, но они должны быть в большей степени скорректированы на энергосбережение, т. е. здания должны проектироваться сразу с конструкцией системы солнечного коллектора или с учетом их более поздней установки (при финансовых возможностях заказчика).

В транспортном строительстве наибольший эффект в ресурсосбережении можно получить при использовании гелиоустановок для альтернативного нагрева воды (подогрева до более высокой температуры) в службах НГЧ, ремонтно-механических цехах и мастерских, прачечных комбинатах и отделениях по уборке, мойке, чистке подвижного состава, душевых для локомотивных бригад и обслуживающего персонала.

В Беларуси есть все перспективы, чтобы солнечная энергия (наряду с другими возобновляемыми источниками) работала на энергетическую безопасность страны. Солнечные установки практически не требуют больших эксплуатационных расходов, не нуждаются в ремонте и требуют затрат лишь на их сооружение и поддержание в чистоте. Работать они могут бесконечно!

УДК 624.072.21.7

НЕЛИНЕЙНЫЙ РАСЧЕТ БЛОКА СТЕНОВОГО ТРЕХСЛОЙНОГО НА КЛЕЕВЫХ СВЯЗЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАРИАЦИОННО-РАЗНОСТНОГО ПОДХОДА

А. А. ВАСИЛЬЕВ, О. В. КОЗУНОВА, Е. А. СИГАЙ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В работе выполнен нелинейный расчет трехслойного стенового блока с применением вариационно-разностного подхода (ВРП). Расчетная модель блока представлена совокупностью вертикальных упругих слоев конечных размеров с переменным модулем упругости. Для реализации указанного подхода составлена программа на языке Mathematica 8.0 и проведена ее числовая апробация.

Ужесточение требований к энергоэффективности возводимых зданий требует создания новых современных конструкций стеновых ограждений. Одним из современных вариантов ограждений многоэтажных энер-

гоэффективных зданий с наружными стенами, поэтажно опирающимися на диски перекрытий, может стать конструкцией на основе предлагаемого автором блока стенового трехслойного на клеевых связях. В данном блоке наружный несущий слой выполнен из стеклофибробетона с применением добавок, повышающих его водонепроницаемость и определяющих цвет наружной поверхности ограждения, внутренний – из пеногазосиликата. В качестве утеплителя применено пеностекло. Наружные и внутренний слои соединяются клеевыми составами с армированием стеклотканевой сеткой. Послойная технология изготовления блока позволяет формировать теплоизолирующий слой из различных толщин слоев пеностекла (обрезков), что дает возможность снизить стоимость блока. Применение во внутреннем слое ПГС позволяет жильцу без каких-либо проблем выполнять работы по креплению навесных предметов и оборудования к наружной стене.

Применение таких материалов для ограждающей конструкции оптимально, поскольку по сравнению с железобетоном стеклофибробетон обладает существенными техническими преимуществами: повышенной трещиностойкостью, ударной прочностью, вязкостью разрушения, износо- и морозостойкостью, возможностью использования в тонкостенных конструкциях без арматуры. Пеностекло – универсальный теплоизоляционный материал с уникальными теплофизическими и эксплуатационными свойствами: широчайшим температурным диапазоном применения, абсолютной непроницаемостью для воды, отсутствием усадки, стойкостью к агрессивным средам, высокими прочностными показателями, экологической чистотой.

Помимо вышеперечисленных, блоки стеновые трехслойные обладают рядом дополнительных качеств, позволяющих их эффективно эксплуатировать: возможностью выполнения фасадной стороны блока с декоративной отделкой в заводских условиях, повышенными ремонтпригодностью, коррозионной стойкостью, долговечностью. Кроме того, предлагаемая конструкция, позволяет изготавливать блоки различных размеров и конфигураций в зависимости от проектного решения.

Блок обеспечивает следующие характеристики: термическое сопротивление – не менее $3,5 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$, водонепроницаемость – не ниже W8, морозостойкость – не менее 250 циклов. Блок не горюч, экологически безопасен. Масса блока при заявленных размерах – не более 22 кг.

Рассматривается трехслойный стеновой блок шириной b на искусственном основании под действием сжимающей нагрузки, распределенной вдоль верхней грани несущего слоя. На расчетной модели распределенная нагрузка q собирается в систему узловых сосредоточенных сил общим значением F .

При расчете слоистая упругая конструкция заменяется прямоугольной расчетной областью метода конечных разностей (МКР). Трехслойный стеновой блок аппроксимируется равномерной симметричной разбивочной сеткой с постоянным шагом вдоль оси X – Δx и вдоль оси Y – Δy . В результате получено 176 i -х узловых и 150 j -х сеточных ячеек.

За неизвестные принимаются: $u_i(x), v_i(y)$ – компоненты вектора перемещения i -й узловой точки блока.

Для реализации указанного подхода составлена программа на языке Mathematica 8.0 и проведена ее числовая апробация. В численный счет использовались следующие исходные параметры упругих слоев: боковая стенка (несущий слой) из стеклофибробетона – $\sigma_{u1} = 30 \text{ МПа}$; $\nu_1 = 0,198$; $E_{01} = 14200 \text{ МПа}$; легкий заполнитель (пеностекло) – $\sigma_{u2} = 2 \text{ МПа}$; $\nu_2 = 0,25$; $E_{02} = 11500 \text{ МПа}$; боковая стенка (несущий слой) из ПГС – $\sigma_{u3} = 2 \text{ МПа}$; $\nu_3 = 0,2$; $E_{03} = 14000 \text{ МПа}$; внешняя нагрузка – $F = 1500 \text{ Н}$, размеры ячейки разбивочной сетки: $\Delta x = 0,020 \text{ м}$, $\Delta y = 0,022 \text{ м}$.

Вначале решается задача в линейной постановке. По вычисленным значениям перемещений i -й узловой точки $u_i(x), v_i(y)$ определяется интенсивность деформаций и интенсивность напряжений в центрах ячеек.

Имея значения напряжений и перемещений, полученных в результате решения задачи в первом приближении, определяется касательный модуль деформации для каждой ячейки, и задача решается во втором и последующих приближениях. Итерационный процесс заканчивается, как только разница между последующим и предыдущим приближением (δ_j) исследуемой функции будет соответствовать требуемой точности решения задачи.

Максимальные значения прогибов возникают в точках приложения узловой нагрузки, где наблюдается концентрация деформаций:

- стенка из ПГС: $1,3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ и $1,37 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ при линейном и нелинейном расчете соответственно;
- стенка из стеклофибробетона: $3,34 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ и $3,57 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ при линейном и нелинейном расчете соответственно.

Максимальные значения вертикальных напряжений возникают в центрах верхних ячеек, где наблюдается концентрация напряжений:

- стенка из ПГС, соответственно, 11,4 кПа и 12,1 кПа при линейном и нелинейном расчете;
- стенка из стеклофибробетона, соответственно, 34,3 кПа и 36,6 кПа при линейном и нелинейном расчете.

Для исследования напряженно-деформированного состояния трехслойного стенового блока была разработана компьютерная программа в математическом пакете Mathematica 8.0, которая может быть использована в инженерных расчетах конструкций ограждения из трехслойных стеновых блоков по первому предельному состоянию (по несущей способности).