

Выводы

1 Получена функциональная зависимость между ходом штока тормозной камеры автомобиля и зазора в тормозном механизме.

2 Доказано, что при увеличении зазора на определенную величину ход штока тормозной камеры приближается к предельно допустимому значению, а это приводит к резкому снижению силы на штоке тормозной камеры.

3 Проведен анализ тормозных механизмов автомобилей из семейства ЗИЛ, определены статистические показатели по величине хода штоков тормозных камер для неотложной регулировки.

4 Полученная графическая зависимость позволяет в практических условиях определить количество щелчков, необходимых для изменения положения оси червяка регулировочного рычага и получении требуемой величины хода штока.

F. A. VALIEV, K. S. GASANKHANOV

DIAGNOSIS AND CONTROL OF CAR BRAKE MECHANISM WITH PNEUMATIC ACTUATOR

The questions of braking effectiveness for ZIL motor cars with pneumatic actuator are analysed. There is investigated the dependence of the stroke of the brake chamber on the value of a gap in the brake chamber as well as efforts to push rod. The optimal number of clicks to position the worm adjustment lever to get the required amount on the mechanical conditions of the stroke is determined.

Получено 22.03.2012

**ISSN 2227-1104. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 6. Гомель, 2012**

УДК 624.072.21.7

А. А. ВАСИЛЬЕВ, О. В. КОЗУНОВА, Е. А. СИГАЙ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БЛОКА СТЕНОВОГО ТРЕХСЛОЙНОГО НА КЛЕЕВЫХ СВЯЗЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВАРИАЦИОННО-РАЗНОСТНОГО ПОДХОДА

В работе выполнен линейный расчет трехслойного стенового блока с применением вариационно-разностного подхода. 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.

В Беларуси стеновое ограждение каркасных зданий, как правило, выполняется в виде одно- или двухслойной кладки, поэтажно опирающейся на

диски перекрытий. Кладка однослойных стен обычно ведется из ячеистобетонных блоков на тонких растворных швах с последующими защитно-декоративной облицовкой штукатурным раствором и окраской. Значительно реже возводятся здания, стеновое ограждение которых выполняется двухслойным – из ячеистобетонных блоков с защитно-декоративной облицовкой из кирпича. Наиболее массово применяемая однослойная кладка из блоков пеногазосиликатных (ПГС) на тонких растворных швах с последующими оштукатуриванием и окраской несмотря на относительно невысокую стоимость имеет конструктивные недостатки, значительно снижающие ее тепло-технические характеристики и долговечность, вызывая необходимость выполнения частых дополнительных ремонтов. Кроме того, для обеспечения требуемого термического сопротивления ограждающей конструкции, необходимо выполнять кладку толщиной 550–800 мм (в зависимости от плотности ПГС), что нерационально, поскольку приводит к значительному уменьшению «полезной» площади.

Ужесточение требований к энергоэффективности возводимых зданий требует создания новых современных конструкций стеновых ограждений. Одним из современных вариантов ограждений многоэтажных энергоэффективных зданий с наружными стенами, поэтажно опирающимися на диски перекрытий, может стать конструкция на основе предлагаемого авторами блока стенового трехслойного на клеевых связях (рисунок 1). В нем 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 слоев пеностекла (обрезков) различных толщин, что дает возможность снизить стоимость блока.

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.

Применение во внутреннем слое ПГС позволяет жильцу без каких-либо проблем выполнять работы по креплению навесных предметов и оборудования к наружной стене.

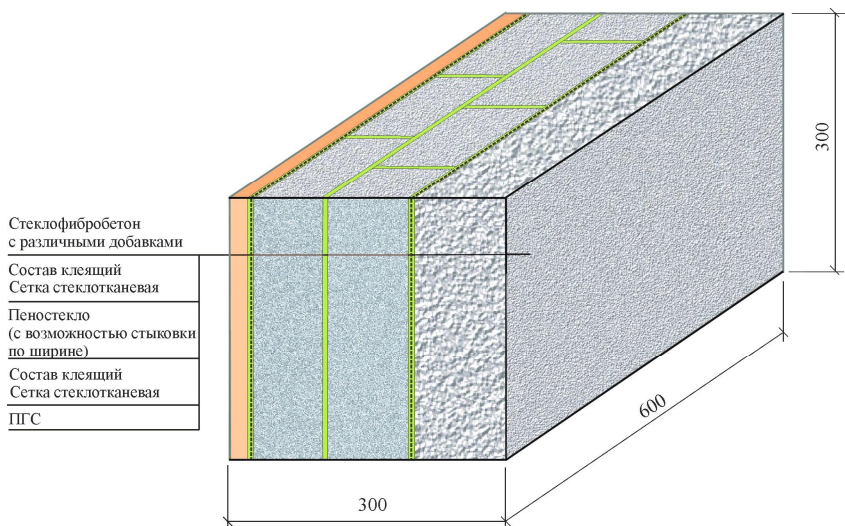


Рисунок 1 – Общий вид блока стенового трехслойного на клеевых связях

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

Конструкция блока позволяет применять кронштейны для крепления наружного несущего слоя к перекрытию не на каждом этаже, а через три, что значительно улучшает теплотехнические свойства стенового ограждения, а также снижает его стоимость. Стоимость 1 м^2 кладки из таких блоков ниже по сравнению с кладкой из блоков ПГС (за счет толщины ограждения), кроме того, поскольку толщина стенового ограждения из блоков трехслойных в 1,8–2,5 меньше толщины ограждения из блоков ПГС, использование предлагаемого блока значительно уменьшает стоимость не только стенового ограждения, но и за счет существенного уменьшения массы несущих конструкций – стоимость всего здания в целом. Кроме того, возведение однослойной кладки менее трудоемко, значительно более легко контролируемо и, как следствие, – более технологично.

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.

Для решения поставленной задачи используется *вариационно-разностный подход*, который имеет важность практического применения в расчетах балок, балочных плит и приближенных к ним расчетных моделей упругих элементов конструкций на упругом и искусственном основании.

Вариационно-разностный подход был предложен, получил дальнейшую апробацию и внедрение в инженерную практику в работах Босакова С. В., Козуновой О. В., Сигая Е. А. [1–3], где рассматривалось нежесткое упругое основание – грунтовое основание, характеристики которого приближены к реальным условиям.

В предлагаемом расчете упругое основание – железобетонная плита перекрытия, которое моделируется как жесткое искусственное основание. Это учитывается в кинематических граничных условиях. Стеновой трехслойный блок моделируется совокупностью вертикальных упругих слоев (УС) конечных размеров с переменным модулем упругости.

Постановка задачи. 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). На рисунке 2 трехслойный стеновой блок аппроксимируется равномерной симметричной разбивочной сеткой с постоянным шагом вдоль оси $X - \Delta x$ и вдоль оси $Y - \Delta y$. В результате получено 176 i -тых узловых и 150 j -тых сеточных ячеек.

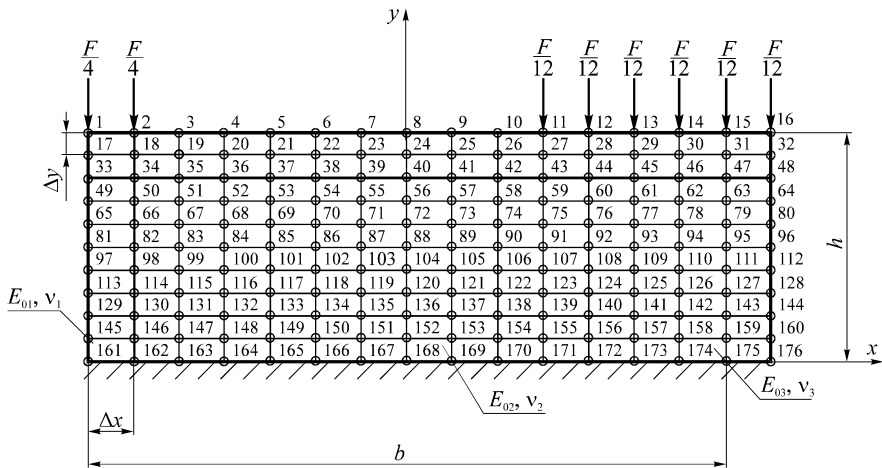


Рисунок 2 – Разбивочная сетка расчетной области

В качестве неизвестных принимаются: $u_i(x)$, $v_i(y)$ – компоненты вектора перемещения i -той узловой точки блока. Граничные условия задачи: на нижних границах принятой расчетной области перемещения $u = 0$, $v = 0$ (см. рисунок 2).

В результате нелинейного расчета требуется определить следующие параметры напряженно-деформированного состояния (НДС) трехслойного стенового блока:

- а) распределение перемещений узловых точек расчетной области;
- б) распределение вертикальных напряжений в центрах ячеек расчетной области блока;
- в) построение эпюр суммарных прогибов и напряжений в несущем слое стенового блока.

Зависимость между интенсивностями напряжений и деформаций для физически нелинейного упругого слоя стенового блока будем задавать формулой, предложенной в работе [7],

$$\sigma_i = \sigma_{uk} \operatorname{th} \left(\frac{E_{0k}}{\sigma_{uk}} \varepsilon_i \right), \quad (1)$$

где σ_{uk} , E_{0k} – предел прочности и начальный модуль упругости k -го упругого слоя стенового блока; ε_i – интенсивность деформаций, которая для плоской задачи теории упругости имеет следующее выражение

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{2(\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 - \varepsilon_x \varepsilon_y) + \frac{3}{2} \gamma_{xy}^2}, \quad (2)$$

$\varepsilon_x, \varepsilon_y, \gamma_{xy}$ – относительные линейные и угловая деформации, которые определяются из соотношений Коши

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}, \quad \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}, \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}. \quad (3)$$

Так как стеновой блок неоднороден, то для каждого из упругих слоев зависимости (2), (3) сохраняются и будут иметь в формуле (1) соответствующие каждому слою значения упругих характеристик прочности σ_{uk} , E_{0k} . Аналогично, и коэффициент Пуассона ν_k различен для каждого упругого слоя (см. рисунок 2).

В ходе решения краевых задач теория малых упругопластических деформаций [5] предполагает итерационный процесс. При каждой итерации модуль деформации k -того слоя блока изменяется, и при вычислениях авторы будут пользоваться переменным модулем упругости, а именно касательным модулем.

Согласно вариационному принципу Лагранжа, при нагружении стенового блока статической нагрузкой, его полная потенциальная энергия в состоянии

статического равновесия принимает минимальное значение. Величина функционала полной потенциальной энергии композиционного блока под действием статической нагрузки состоит из двух слагаемых и определяется формулой

$$\mathcal{E} = U_f + \Pi, \quad (4)$$

где U_f – функционал энергии деформаций упругого блока; Π – потенциал работы внешней нагрузки.

Для решения сформулированной краевой задачи в линейной постановке используют слагаемые функционала полной потенциальной энергии в виде [3, 4]:

а) функционал энергии деформаций упругого слоя блока

$$U_f = \iint_S \left[\frac{E_k \nu_k}{2(1 + \nu_k)(1 - 2\nu_k)} (\epsilon_x^{(k)} + \epsilon_y^{(k)})^2 + \frac{E_k}{2(1 + \nu_k)} \left((\epsilon_x^{(k)})^2 + (\epsilon_y^{(k)})^2 \right) + \frac{E_k}{4(1 + \nu_k)} (\gamma_{xy}^{(k)})^2 \right] dS, \quad (5)$$

где E_k, ν_k – упругие постоянные в точке K основания;

б) потенциал работы внешней нагрузки

$$\Pi = - \int_{-l}^l q(x)y(x)dx. \quad (6)$$

Так как в состоянии равновесия функционал полной потенциальной энергии \mathcal{E} должен иметь минимум, то неизвестные перемещения $u_i(x), v_i(y)$ будут найдены из условия обращения в нуль производных от полной потенциальной энергии по каждому из перемещений, то есть

$$\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial v_i} = 0, \quad \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial u_i} = 0, \quad i = 1, 2, 3, \dots, N, \quad (7)$$

где N – число узловых точек стенового блока. В ходе преобразований (4) получается система дифференциальных уравнений, порядок которой равен $2N$, то есть числу неизвестных перемещений.

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

Вначале решается задача в линейной постановке. По вычисленным значениям перемещений i -той 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.

На рисунке 3 приведены эпюры суммарных прогибов боковых стенок (несущих слоев) трехслойного блока.

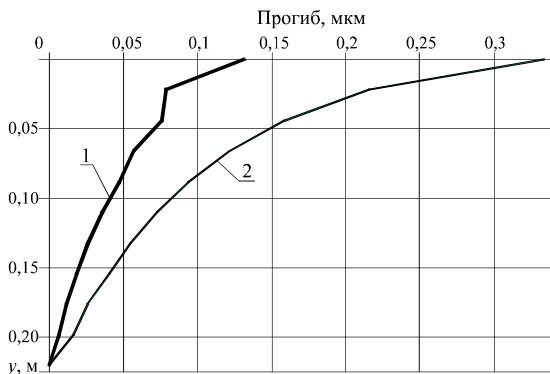


Рисунок 3 – Эпюры суммарных прогибов несущего слоя: 1 – стенка из ПГС; 2 – стенка из стеклофибробетона

На рисунке 4 представлены эпюры вертикальных напряжений в несущих слоях стенового блока.

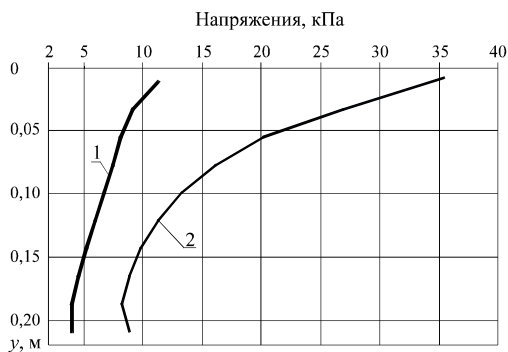


Рисунок 4 – Эпюры вертикальных напряжений в несущем слое: 1 – стенка из ПГС; 2 – стенка из стеклофибробетона

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).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Босаков, С. В.** Вариационно-разностный подход в решении контактной задачи для нелинейно-упругого неоднородного основания. Плоская деформация. Теория расчета (Ч. 1) / С. В. Босаков, О. В. Козунова // Вестник БНТУ. – 2009. – № 1. – С. 5–13.

2 **Босаков, С. В.** Вариационно-разностный подход в решении контактной задачи для нелинейно-упругого неоднородного основания. Плоская деформация. Результаты расчета (Ч. 2) / С. В. Босаков, О. В. Козунова // Вестник БНТУ. – 2009. – № 2. – С. 15–19.

3 **Козунова, О. В.** Нелинейный расчет инженерной системы «плита – основание» с использованием переменного модуля деформации / О. В. Козунова, Е. А. Сигаи // Вестник гражданских инженеров. – 2011. – № 1 (26). – С. 72–82.

4 **Босаков, С. В.** Расчет балки на упругой физически нелинейной полуплоскости / С. В. Босаков, О. В. Машкова (Козунова) // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь: Междунар. сб. науч. тр. – Гомель: БелГУТ, 2005. – С. 40–43.

5 **Александров, А. В.** Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М.: Высшая школа, 1990. – 398 с.

A. A. VASILYEV, O. V. KOZUNOVA, E. A. SIGAI

RESEARCH FOR THE STRESS-STRAIN CONDITION OF TREE-LAYER BLOCK WALL ON GLUE LINKAGE USING THE VARIATIONAL-DIFFERENCE APPROACH

A linear calculation of the three-layer block wall using the variational-difference approach was carried out. The calculation model of the block is represented by a set of vertical elastic layers of finite dimensions with variable modulus of deformation. A program in the language of Mathematica 8.0 was proposed to implement this approach and held its numerical approbation.

Получено 21.05.2012