

УДК 699.841

И.В. Захарченко, Н.М. Мальков

ЗАХАРЧЕНКО Иван Валентинович – магистрант кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). МАЛЬКОВ Николай Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: tcgroup1997@mail.ru
© Захарченко И.В., Мальков Н.М., 2012

Разработка системы стационарной сейсмоизоляции



Предлагается классификация существующих систем сейсмозащиты зданий, обращается внимание на специальную сейсмозащиту, которую можно разделить на сейсмоизоляцию и сейсмогашение. Выделена стационарная сейсмоизоляция как наиболее эффективная из современных методов сейсмозащиты и проанализированы недостатки известных конструкций сейсмоизоляторов. На основе этого анализа разработана новая конструкция сейсмоизолятора (получен патент на полезную модель), в основе действия которой лежат магнитные силы. Ее описание с обоснованием преимуществ приводится в данной работе.
Ключевые слова: классификация сейсмозащиты, стационарная сейсмоизоляция, конструкция сейсмоизолятора, полезная модель.

Developing a Stationary Seismic Insulation System. Ivan V. Zakharchenko, Nikolai M. Malkov – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

The paper presents classification of seismic protection systems. Special seismic protection is emphasized in the classification. The seismic protection is divided into seismic resistance and shock damping. Disadvantages of known seismic insulators are analyzed. A stationary seismic insulation is emphasized as the most efficient seismic protection method. New seismic insulator design was developed based on magnetic forces action. A patent on the utility model was received. The description of new seismic insulator design is resulted and its' advantages are described.

Key words: classification of seismic resistance, stationary seismic insulation, design seismic insulator, utility model.

Известно, что сейсмические силы не являются чисто внешними, а генерируются самой конструкцией в процессе ее колебаний [1, 2, 7]. Это обстоятельство обуславливает два пути повышения сейсмостойкости сооружений: традиционный и специальный [3, 5, 7].

Традиционные методы в основном связаны с уменьшением массы конструкций, повышением их прочностных и жесткостных характеристик, а также с выбором рациональных конструктивных и планировочных решений. Назначение же специальных методов сейсмозащиты – целенаправленное изменение динамической схемы работы сооружения, они наиболее актуальны для высоких, а также ответственных зданий [6]. Известны многие системы сейсмозащиты, использующие различные подходы к обеспечению сейсмостойкости. Общая их классификация представлена на рис.1.

Специальную сейсмозащиту принято разделять на сейсмоизоляцию и сейсмогашение. В системах сейсмогашения, включающих демпферы и динамические гасители, механическая энергия колеблющейся конструкции переходит в другие виды энергии (что приводит к демпфированию колебаний) или перераспределяется от защищаемой конструкции к гасителю.

В системах сейсмоизоляции обеспечивается снижение механической энергии, получаемой конструкцией от основания, преимущественно

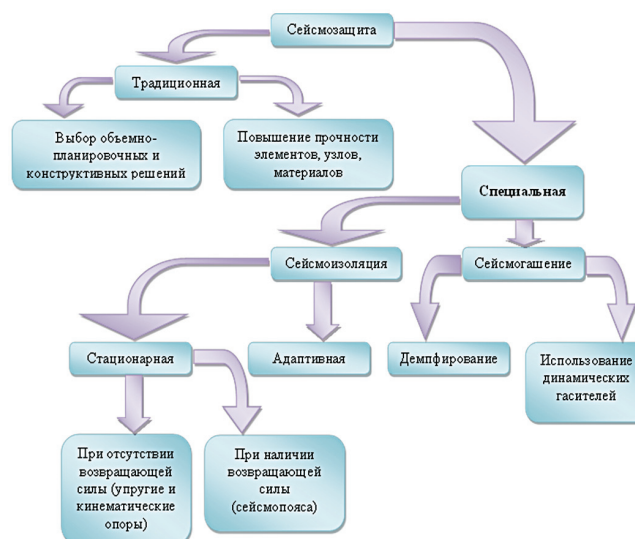


Рис. 1. Классификация систем сейсмозащиты

путем отстройки частот колебаний сооружения от преобладающих частот воздействия. Различают адаптивные и стационарные системы сейсмоизоляции. В адаптивных системах динамические характеристики сооружения необратимо меняются в процессе землетрясения, «приспосабливаясь» к сейсмическому воздействию. В стационарных системах динамические характеристики сохраняются в процессе и после землетрясения.

Стационарная сейсмоизоляция является наиболее эффективным из современных методов сейсмозащиты, однако известные конструкции сейсмоизоляторов имеют следующие значительные недостатки.

1. Большинство сейсмоизоляторов очень сложны в изготовлении и монтаже (часто требуется обеспечить герметичность антифрикционного покрытия, имеются сложности с организацией монтажа надфундаментных конструкций), при этом характеристики антифрикционного покрытия со временем ухудшаются.
2. Вопрос ограничения перемещений чаще всего решается использованием стальных пружин либо тростов (при этом возникает вероятность чрезмерных перемещений, вследствие чего здание теряет общую устойчивость).
3. В случае больших перемещений надфундаментных конструкций при сильном сейсмическом воздействии возникает вероятность разрушения конструкции сейсмоизолятора из-за отсутствия механизма уменьшения ускорения здания при граничных перемещениях.

На основе анализа существующих систем сейсмоизоляции была разработана новая конструкция сейсмоизолятора, в основе действия которой лежат магнитные силы. Цель нашей работы – ее представление и обоснование преимуществ.

Разработанная конструкция сейсмоизолятора (получен патент на полезную модель [4]) представляет собой механизм, располагающийся между конструкциями фундамента и надфундаментной части. Использование сейсмоизолятора возможно как при применении колонн в качестве вертикальных несущих элементов, так и при применении стен (диафрагм). Основной целью использования данной конструкции является снижение внутренних усилий, возникающих в каркасе здания при сейсмических воздействиях, за счет устройства скользящего пояса.

Фундамент здания рекомендуется выполнять плитным (возможно устройство широкого низкого ростверка при применении свай). В местах опирания колонн (а также стен) устраиваются специальные ограничительные борта (рис. 2), препятствующие чрезмерному (свыше установленного) смещению надфундаментных конструкций относительно фундамента. Колонны нижнего уровня в узле опирания на фундамент имеют специальную распределительную плиту, размеры которой принимаются исходя из габаритов пирамиды продавливания, а также в зависимости от вертикальной осевой нагрузки на колонну. Между распределительной плитой и плитой фундамента располагаются подшипниковые шары диаметром 40–60 мм, находящиеся в техническом вазелине для снижения трения и истирания поверхности.

Шары удерживаются под распределительной плитой специальным ограничивающим бортиком и способствуют свободному горизонтальному смещению колонн и стен относительно фундаментной плиты в пределах, обозначенных бортами-ограничителями. При интенсивных сейсмических воздействиях ускорение

грунта (соответственно, и фундамента) может достигать 7 м/с^2 , а удар плиты об ограничитель на высокой скорости может привести к катастрофическим последствиям. Данная проблема решается путем устройства электромагнитов с противоположно направленными магнитными полями по периметру распределительной плиты надфундаментной конструкции и ограничителя. Распределительная плита и борта фундамента имеют специальные полки, на которых размещаются электромагниты, подключенные к аккумуляторным батареям так, чтобы их поля были направлены навстречу друг другу. Сила взаимного отталкивания таких электромагнитов зависит от расстояния между ними. Таким образом, по мере их сближения

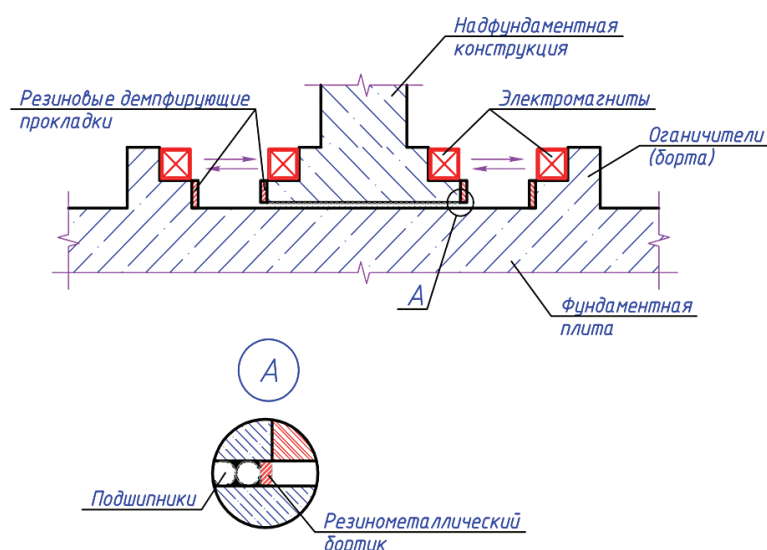


Рис. 2. Схематичная конструкция сейсмоизолятора

отталкивающая сила постепенно возрастает, обеспечивая плавное снижение ускорения, передаваемого над-фундаментным конструкциям от основания.

В том случае, если силы взаимного отталкивания электромагнитов окажется недостаточно для того, чтобы избежать удара распределительной плиты об ограничитель, сила удара будет частично поглощена резиновыми демпфирующими прокладками, устраиваемыми по периметру плиты и борта.

Предлагаемая полезная модель позволяет создать фундаментную конструкцию, которая значительно снижает расход материала и предоставляет возможность вести строительство высотных зданий в районах сейсмичностью более 8 баллов.

Технический результат, который достигается при решении поставленной задачи, выражается в значительном (до трех раз) снижении внутренних усилий в элементах каркаса здания и как следствие – снижении расхода материалов. При этом достигнута возможность применения данной конструкции в любом сейсмическом районе, так как ее эффективность обеспечивается при воздействии любой интенсивности и частоты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенберг Я.М. Адаптивные системы защиты сооружений. М.: Наука, 1978. 248 с.
2. Амосов А.А., Сеницын С.Б. Основы теории сейсмостойкости сооружений. М.: АСВ, 2001. 96 с.
3. Арутюнян А.Р. Современные методы сейсмоизоляции зданий и сооружений // Инженерно-строит. журн. 2010. № 3. С. 56–60.
4. Захарченко И.В. Сейсмоизолирующий фундамент. Патент на полезную модель № 109474. 2011 г. (RU 109474 U1).
5. Зеленков Ф.Д. Предохранение зданий и сооружений от разрушения с помощью сейсмоамортизатора. М.: Наука, 1979. 52 с.
6. СП 31-114-2004. Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах. М.: ФГУП ЦНС, 2005. 53 с.
7. Уздин А.М. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений. СПб.: ВНИИГ, 1993. 176 с.



УДК 621.9.01:658.512

Л.В. Бут

БУТ Людмила Викторовна – доцент кафедры инженерной графики Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).

© Бут Л.В., 2012

Построение развёрток поверхностей вращения с нанесением сетей



В практике строительства и для макетирования часто требуется осуществлять покрытие из плоского материала. Для моделирования поверхности плоской фигуры создается сеть, состоящая из квадратов. Предлагается графический прием выполнения развёртки поверхности сферы.

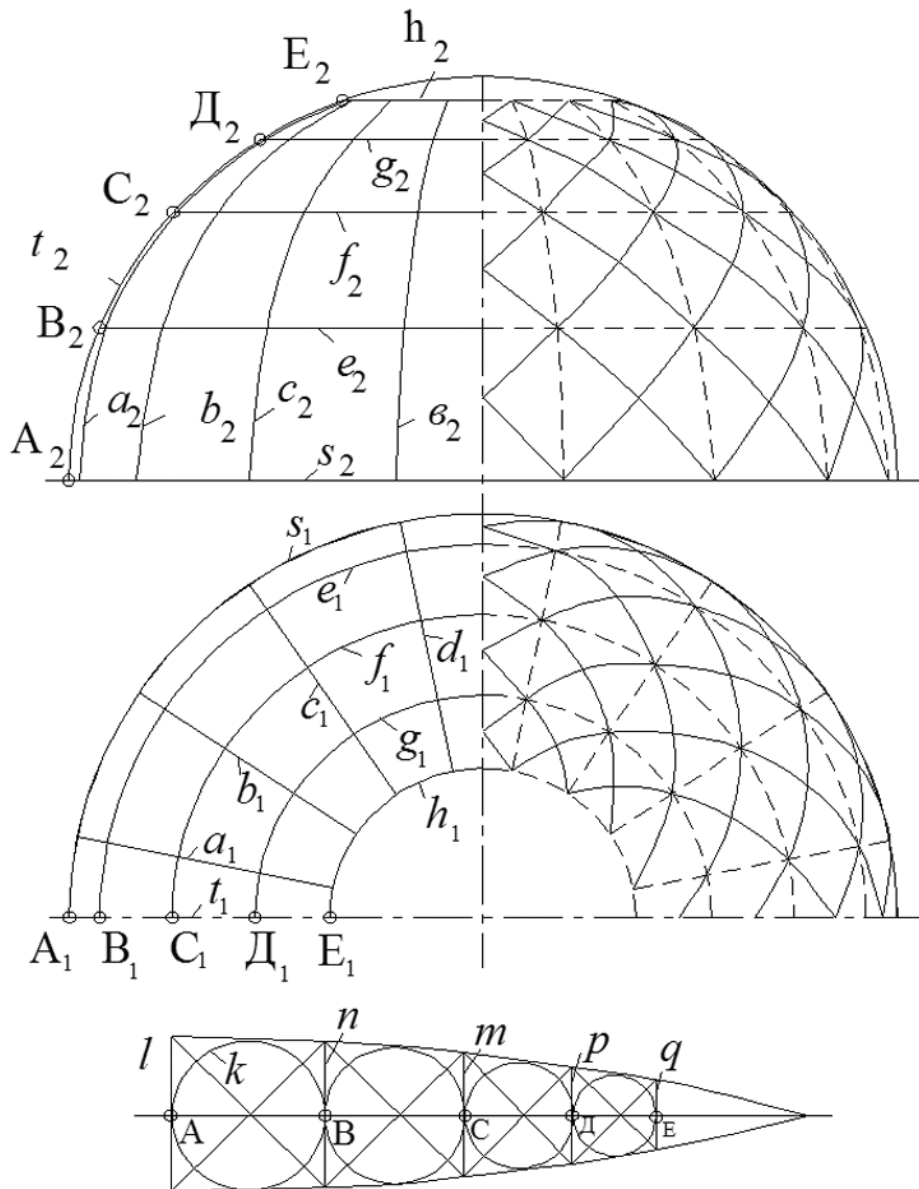
Ключевые слова: развёртка, сферическая поверхность, сетка, квадрат.

Construction of pattern surfaces of rotation and networks. Liudmila V. But – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

Covering by flattened material is common in engineering and modeling. To image the surface of planar figure, it's necessary to create a net of squares. Graphical method of performing sphere pattern is offered.

Key words: pattern, spherical surface, net, square.

Сферическая поверхность принадлежит к неразвёртываемым поверхностям. Для построения условной развёртки разделим горизонтальную проекцию поверхности полусферы меридианами на 16 долей. В плане показана только половина рассматриваемой поверхности. Построим развёртку одной доли. Для того чтобы в развёртку доли вписать четыре «квадрата», впишем в нее четыре окружности. Радиус первой окружности k подберем так, чтобы она касалась прямой l , при этом будет закончено построение первого



«квадрата». Также построим и следующие три «квадрата», каждый из которых меньше предыдущего. После этого отрезки АВ, ВС, СД и ДЕ с прямой t развёртки перенесем на дугу t_2 . Для более точного построения каждый из этих отрезков следует разделить на несколько частей и эти части отложить вдоль дуги t_2 . Через полученные на окружности t_2 точки B_2, C_2, D_2, E_2 следует провести проекции горизонтальных окружностей e_2, f_2, g_2, h_2 , которые служат границей между венцами. Найдя горизонтальные проекции точек B_1, C_1, D_1, E_1 , следует через эти точки провести горизонтальные проекции e_1, f_1, g_1, h_1 тех же окружностей. Для окончания построения проекций сетки найдем фронтальные проекции меридианов – a_2, b_2, c_2, d_2 и т.д. Для этого через точки пересечения горизонтальных проекций окружностей s_1, e_1, f_1, g_1, h_1 с горизонтальными проекциями меридианов a_1, b_1, c_1, d_1 и т.д. следует провести линии связи до пересечения с фронтальными проекциями окружностей s_2, e_2, f_2, g_2, h_2 .

Если в каждом «квадрате» провести диагональ, то получим сетку из квадратов, поставленных на угол. Если через углы последних «квадратов» провести горизонтальные окружности, то получим геометрическую схему арматуры покрытия.



УДК 627.88

В.В. Семенов, С.Д. Ким, Т.Э. Уварова

СЕМЕНОВ Вадим Вадимович – магистрант кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), КИМ Сергей Дмитриевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории внешних воздействий, оснований и фундаментов МНГС Центра «Морские нефтегазовые месторождения» (Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ). E-mail: sdkim@mail.ru, УВАРОВА Татьяна Эриковна – кандидат технических наук, доцент кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: searay@yandex.ru

© Семенов В.В., Ким С.Д., Уварова Т.Э., 2012

Математическая модель формирования скорости взаимодействия ледяного поля с сооружением



Одной из сложнейших проблем освоения морских месторождений на Сахалинском шельфе является проблема оценки ледовых воздействий на технические средства различного назначения. При этом в тяжелых ледовых условиях Охотского моря на морские шельфовые сооружения могут воздействовать дрейфующие ледяные образования редкой повторяемости. Они характеризуются как большой высотой, так и значительной протяженностью и могут создавать опасные режимы эксплуатации конструкций.

Ключевые слова: ледяные поля, скорость, шельфовые сооружения.

A mathematical model of the ice velocity in the interaction with the structure. Vadim V. Semenov, Tatiana E. Uvarova – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok), Sergei D. Kim (GAZPROM VNIIGAZ, Moscow).

One of the most complex problems of development of offshore fields on Sakhalin shelf is the problem of estimating the effects of ice on the technical structures for different purposes. In the heavy ice condition in the Sea of Okhotsk offshore structures may influence the formation of drifting ice rare occurrence. They are characterized by a large high-rise in size, and a considerable extent, and can create dangerous modes of operation of structures.

Key words: ice fields, velocity, offshore structural.

При проектировании ледостойких платформ для освоения крупнейших российских месторождений в арктических районах необходима достоверная оценка проектных ледовых нагрузок с заданным уровнем обеспеченности в течение всего срока службы сооружения. Уровень надежности оценок ледовых нагрузок напрямую зависит от качества и степени достоверности математических моделей взаимодействия «лед–сооружение».

Для математического описания формирования ледовых нагрузок на инженерные сооружения шельфа прежде всего необходимо:

- выбрать и проанализировать расчетные ситуации с ледяным покровом с учетом анализа напряженно-деформированного состояния конструкции и допустимых уровней надежности сооружения в целом;
- для каждой расчетной ситуации разработать упрощенные математические модели взаимодействия льда с сооружением и определить проектные ледовые нагрузки с заданной обеспеченностью за различные периоды повторяемости ледовых условий.

В общем случае ледяной покров замерзающих морей представляет собой сложную пространственно-неоднородную структуру, состоящую из различных по своему происхождению и свойствам составных частей: ровных и наслоенных ледяных полей, однолетних или многолетних торосов, торосистых гряд, стамух и других ледяных образований, дрейфующих в акватории в состоянии разрежения с различной степенью сплоченности [1, 2, 11, 12].

Анализ результатов исследований ледовых воздействий на морские ледостойкие платформы (МЛП), а также данные нормативных документов [2, 7, 9] показывают, что значительная часть расчетных случаев и видов воздействий, которые могут происходить в условиях открытой морской акватории, в них не учитываются. Кроме того, анализ литературных источников [5–12] показывает, что в практике расчетов ледовых нагрузок различными исследователями рассматриваются в основном частные случаи воздействия ледяного

образования какого-либо типа на опору сооружения (ровных или торосистых ледяных полей, стамух, айсбергов и т.п.). При этом наблюдается существенный разброс в оценке величин ледовых нагрузок.

Целью работы является разработка математической модели формирования скорости ледяного поля с учетом его взаимодействия с неподвижными жесткими преградами.

Для реализации обобщенной детерминированной модели локального дрейфа льда в акватории с учетом контактных взаимодействий с неподвижными объектами приняты следующие допущения.

1. Ледяной покров рассматривается как механическая система твердых тел.
2. Поток из N числа льдин с начальными кинематическими и геометрическими характеристиками движется равномерно и поступательно в акватории. При этом начальные скорости всех льдин принимаются по данным натурных наблюдений.
3. Форма льдин принимается круглой в плане.
4. В начальный момент у всех льдин угловая скорость ω принимается равной нулю.
5. В целом движение плавающего льда вызвано четырьмя основными движущими силами: ветром, течением, термическим расширением и силами на контакте с другими ледяными массами. В конкретной модели на льдину при ее движении воздействуют силы трения по контактными поверхностям «воздух-лед» и «лед-вода» и силы лобового сопротивления движению. Силой Кориолиса пренебрегаем.

Движение льдины, как любого твердого тела, совершающего движение с ускорением, может быть описано следующим образом.

На каждом i -м шаге имитационного расчета выполняется равенство

$$E_{ДВik} + E_{ноik} + E_{нpi} - E_{сpi} = E_{ДВin} + E_{ноin}, \quad (1)$$

где i_n – расчетные параметры в начале i -го шага, ik – то же – в конце i -го шага, i – то же – в течение i -го шага.

$E_{ДВi}$ – кинетическая энергия (энергия поступательного движения ледяного поля), обусловленная линейной скоростью ледяного поля, определяемая по формуле

$$E_{ДВi} = \frac{m_i v_i^2}{2}, \quad (2)$$

где v_i , m_i – скорость и масса ледяного поля, на i -м шаге.

$E_{поi}$ – кинетическая энергия (энергия вращательного движения или поворота), обусловленная угловой скоростью ледяного поля, определяемая по формуле

$$E_{поi} = \frac{J_i \omega_i^2}{2}, \quad (3)$$

где $\omega_i = v_i / a_i$ – угловая скорость ледяного поля, на i -м шаге.

Момент инерции относительно оси вращения льдины J_i определяется по формуле

$$J_i = \frac{m_i R^2}{2} + a_i^2 m_i, \quad (4)$$

где a_i – расстояние между центром тяжести и осью вращения ледяного поля.

$E_{нpi}$ – энергия (прорезания ледяного поля), затраченная на работу по разрушению ледяного поля, определяемая по формуле

$$E_{нpi} = F_{br} dx_i, \quad (5)$$

где $dx_i = v_i dt$ – длина пути прорезания, на i -м шаге; F_{br} – сила разрушения льда.

$E_{сpi}$ – кинетическая энергия, обусловленная действием среды (течения и ветра), определяемая по формуле:

$$E_{сpi} = (F_\omega + F_a) dx_i, \quad (6)$$

где F_ω – сила от действия течения; F_a – сила от действия ветра.

Если пренебречь энергией ветра, то формула (6) запишется в виде

$$E_{сpi} = F_\omega dx_i. \quad (7)$$

В случае, когда диаметр льдины много больше диаметра сооружения:

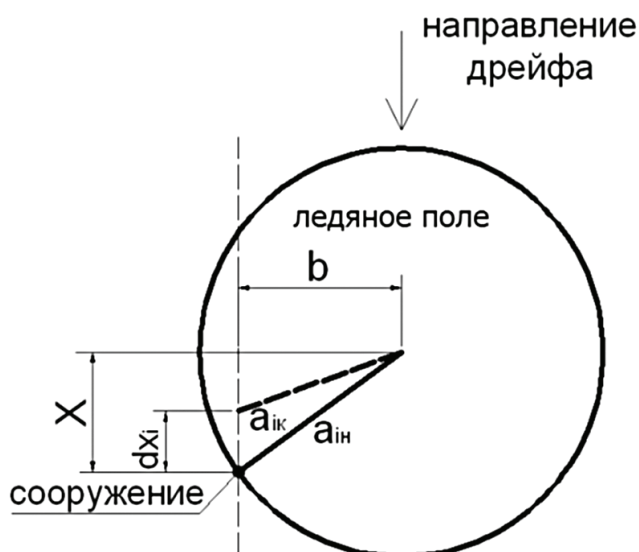
1) сооружение в плане принимается за точку;

2) масса и площадь поверхности льдины считаются постоянными ($m_0 = const$; $A_0 = const$);

3) расстояние a_i рассчитывается по формуле (см. рисунок)

$$a_{ik} = (b_2 + ((a_{in}^2 + b^2)^{1/2} - v_{in} dt)^2)^{1/2}. \quad (8)$$

В результате расчета определяется линейная скорость дрейфа на i -м шаге.



Расчетная схема ширины прорезания ледяного поля

Алгоритм расчета изменения скорости ледяного поля при взаимодействии с сооружением

1. В начале расчета принимается, что ледяное поле подошло к сооружению. При этом начальные расчетные параметры определяются следующим образом: линейная скорость ледяного поля $v_{ин} = v_{(i-1)k}$; угловая скорость ледяного поля $\omega_{ин} = v_{ин} / a_{ин}$; расстояние $a_{ин}$ в соответствии со схемой рисунка, $a_{ин} = a_{(i-1)k}$; момент инерции относительно оси вращения ледяного поля

$$J_{ин} = \frac{m_0 R^2}{2} + a_{ин}^2 m_0 ;$$

кинетическая энергия, обусловленная линейной скоростью ледяного поля

$$E_{дв ин} = \frac{m_0 v_{ин}^2}{2} ;$$

кинетическая энергия, обусловленная угловой скоростью ледяного поля

$$E_{по ин} = \frac{J_{ин} (v_{ин} / a_{ин})^2}{2} .$$

2. На каждом i -м шаге имитационного расчета определяются текущие расчетные параметры взаимодействия ледяного поля с сооружением: длина пути прорезания: $dx_i = v_{ин} dt$; скорость течения $F_{\omega i} = \rho_{\omega} C_{\omega} (v_{\tau} - v_{ин})^2 A_0$; энергия, затраченная на работу по разрушению ледяного поля $E_{нр i} = F_{\omega i} dx_i = F_{br} v_{ин} dt$; кинетическая энергия, обусловленная действием среды $E_{ср i} = F_{\omega i} dx_i = \rho_{\omega} C_{\omega} (v_{\tau} - v_{ин})^2 A_0 v_{ин} dt$.

3. При взаимодействии ледяного поля с сооружением расчетные параметры пересчитываются, в конце i -го шага имитационного расчета получают: конечную скорость ледяного поля: $v_{ик} = v_{ик}$; конечную угловую скорость ледяного поля: $\omega_{ик} = v_{ик} / a_{ик}$; расстояние $a_{ик}$ определяется по формуле (8); момент инерции в конце взаимодействия:

$$J_{ик} = \frac{m_0 R^2}{2} + a_{ик}^2 m_0 ;$$

кинетическую энергию от линейной скорости ледяного поля в конце взаимодействия:

$$E_{дв ик} = \frac{m_0 v_{ик}^2}{2} ;$$

кинетическую энергию от угловой скорости ледяного поля в конце взаимодействия:

$$E_{\text{поик}} = \frac{J_{ik} (v_{ik} / a_{ik})^2}{2}.$$

4. В соответствии с уравнением баланса энергии (1) получают равенство

$$\frac{m_0 v_{ik}^2}{2} + \frac{J_{ik} (v_{ik} / a_{ik})^2}{2} + F_{br} v_{in} dt - F_{\omega i} v_{in} dt = \frac{m_0 v_{in}^2}{2} + \frac{J_{in} (v_{in} / a_{in})^2}{2}. \quad (9)$$

На основании равенства (9) скорость ледяного поля рассчитывается как

$$v_{ik} = \sqrt{\frac{(m_0 v_{in}^2)/2 + (J_{in} (v_{in} / a_{in})^2)/2 + F_{br} v_{in} dt - F_{\omega i} v_{in} dt}{(m_0/2) + (J_{ik}/2a_{ik}^2)}}, \quad (10)$$

или

$$v_{ik} = \sqrt{\frac{E_{\text{двин}} - E_{\text{прі}} + E_{\text{спі}} + E_{\text{поін}}}{(m_0/2) + (J_{ik}/2a_{ik}^2)}}. \quad (11)$$

Таким образом, в работе рассмотрена комплексная задача определения кинематических параметров ледяного покрова на основе уравнений баланса внешних и внутренних сил, разработана детерминированная модель и алгоритм расчета изменения скорости ледяного поля при его взаимодействии с неподвижными объектами. В работе представлен первый этап исследований по данной проблеме. Направления дальнейших исследований – совершенствование детерминированной модели и разработка методики определения ледовых нагрузок на сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астафьев В.Н., Сурков Г.А., Трусков П.А. Торосы и стамухи Охотского моря. СПб.: Прогресс-Погода, 1997. 183 с.
2. Золотухин А. Основы разработки шельфовых нефтегазовых месторождений и строительство морских сооружений в Арктике. М.: Ставангер, 2000. 344 с.
3. Смирнов В.Н. Динамические процессы в морских льдах. СПб.: Гидрометеоздат, 1996. 162 с.
4. Хейсин Д.Е. Динамика ледяного покрова. Л.: Гидрометеоздат, 1967. 464 с.
5. Blanchet D., Franco S.J. de. Global First-year Ice Loads: Scale Effect and Non-simultaneous Failure // Proc. Int. Symp. on Ice (IAHR). Beijing, 1996. Vol. 1. P. 203–213.
6. General requirements, design criteria, the environment and loads. CSA S471-04 // National Standard of Canada. Mississauga, Canada. 2004. P. 94.
7. Kama T., Shkhinek K., Bolshev A. et al. Development of Models for First-Year Ice Loads. Development of the Russian Arctic Offshore // Proc. Int. Conf. RAO. St. Petersburg, 1997. P. 297–298.
8. Nessim M.A. et al. Ice action on fixed offshore structures: a state-of-the-art review // Can. J. Civ. Eng. 1987. Vol. 14. P. 381–407.
9. Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Structures and pipelines for Arctic Conditions // API RP 2N: 2-nd edit / Amer. Petrol. Inst. Washington, 1995. P. 57.
10. Sanderson T.J.O. Ice mechanics: risk to offshore structures. L.: Graham & Trotman Ltd., 1988. 253 p.
11. Shevchenko G.V., Putov V.F. On wind and tide induced sea-ice drift on the northeastern shelf of Sakhalin Island // PICES Sci. Rep. 1999. N. 12. P. 11–17.
12. Timco G.W., Sayed M. Overview of ice loads on Arctic Structures: Tech. Rept IECE-CRT-CTR-002 / Instit. for Engineering in the Canadian Environment, 1994. 114 p.



УДК 514.18:76

И.Н. Мельникова, Т.В. Шустикова

МЕЛЬНИКОВА Ирина Николаевна – старший преподаватель кафедры инженерной графики Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: imikmel@mail.ru,
 ШУСТИКОВА Татьяна Валентиновна – старший преподаватель кафедры инженерной графики Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: shustikova-tv@mail.ru
 © Мельникова И.Н., Шустикова Т.В., 2012

Построение развёртки конуса с недоступной вершиной



Предлагается способ построения развёртки листовых конструкций, основанный на свойстве подобия фигур. Развёртка рассматривается как взаимно-однозначное геометрическое преобразование поверхности в плоскость. Рассматриваемый способ применяется при построении развёрток конических поверхностей с недоступной вершиной.

Ключевые слова: развёртка листовых конструкций, подобие фигур, геометрическое преобразование поверхности, коническая поверхность с недоступной вершиной.

Construction of scanning of a cone with a inaccessible summit. Irina N. Melnikova, Tatiana V. Shustikova – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

It is proposed method of construct the scanning sheet structures based on the ability of the similarity of shapes. Scanning is considered as one to one geometric transformation of the surface in to a plane. The considered method is used to construct scans of conical surfaces with inaccessible summit.

Key words: scanning sheet structures, similarity of shapes, geometric transformation of the surface, conical surface with inaccessible summit.

Построение развёрток поверхностей представляет важную техническую задачу. В промышленности используют трубопроводы, резервуары, бункеры и другие разнообразные конструкции, сделанные из листового материала путем изгибания и совмещения их с плоскостью.

Целью данной работы является рассмотрение способа построения развёрток фасонных деталей из листового материала, обеспечивающего точный и рациональный раскрой листа.

Развертку можно определить как геометрическое преобразование поверхности в плоскую фигуру, которое является взаимно-однозначным и обладает рядом важных свойств. На развёртке сохраняются длины линий, лежащих на поверхности; величины углов между линиями на поверхности и ее развертке; площади фигур, образованных замкнутыми линиями.

К числу развёртываемых криволинейных поверхностей, которые формируют многие технические формы, относятся цилиндрические, конические и торсовые. Их развёртки являются приближенными, которые

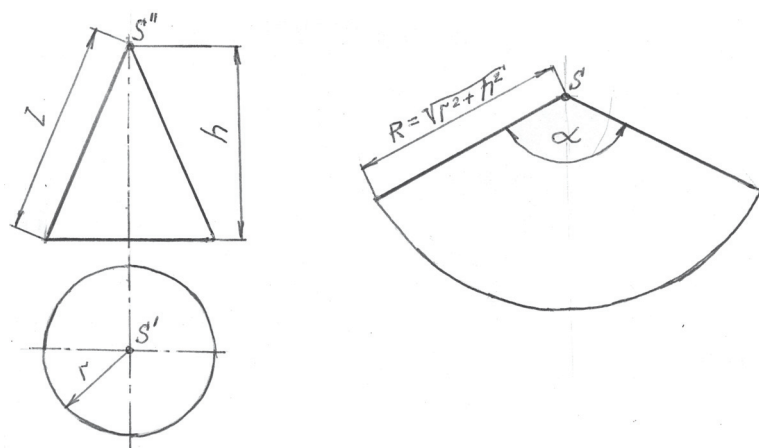


Рис. 1. Развёртка боковой поверхности конуса вращения

строятся аппроксимацией соответствующими многогранными поверхностями, имеющими точные развертки [1, 2].

Построение развёртки цилиндра и конуса вращения хорошо известны из курса стереометрии, где установлены аналитические зависимости между параметрами поверхности и ее развертки. Например, развёрткой боковой поверхности конуса вращения (рис. 1) является сектор радиуса R и углом α

$$R = \sqrt{r^2 + h^2}$$

с углом $\alpha = 2\pi r / R = r \times 360^\circ / \sqrt{r^2 + h^2}$, где r – радиус направляющей окружности конуса, h – высота конуса.

Такой графоаналитический способ может быть применен в случае, когда задан полный конус с вершиной S . Если же вершина недоступна, то можно применить способ, основанный на условии, что развёртки подобных конусов тоже подобны.

Рассмотрим пример построения развёртки конуса вращения с недоступной вершиной (рис. 2).

Обозначим D – диаметр окружности нижнего основания заданного усеченного конуса (верхнее основание можно не рассматривать) и l – длина его образующей.

Строим вспомогательный конус с вершиной S , подобный заданному с недоступной вершиной. Диаметр окружности основания вспомогательного конуса d . Вспомогательный конус может быть построен, как показано на рис. 2 или вне усеченного. Построим развёртку этого вспомогательного конуса, которая представляет собой круговой сектор (принцип построения кругового сектора радиуса R и углом α был рассмотрен выше). Его дуга A_03_0 является преобразованием $1/2$ окружности вспомогательного конуса диаметром d .

При развёртывании заданного усеченного конуса преобразованием $1/2$ окружности нижнего основания диаметром D будет дуга A_13_1 , пропорциональная дуге A_03_0 , с коэффициентом пропорциональности равным $k=D/d$.

Коэффициент k является коэффициентом подобия кривых A_03_0 и A_13_1 , который позволяет строить кривую в k раз больше заданной. Целесообразно задавать коэффициент k целым числом, для этого выбирается соответствующее значение диаметра d вспомогательного конуса.

На оси развёртки вспомогательного конуса задаем произвольно точку K . Разбиваем дугу A_03_0 на части точками $A_0, 1_0, 2_0, 3_0$. Через точку K и точки кривой $A_0, 1_0, 2_0, 3_0$ проводим лучи $KA_0, K1_0, K2_0, K3_0$. От точки K на лучах откладываем отрезки $KA_1=k \times KA_0, K1_1=k \times K1_0, K2_1=k \times K2_0, K3_1=k \times K3_0$. Получаем точки $A_1, 1_1, 2_1, 3_1$, принадлежащие развёртке окружности нижнего основания усеченного конуса диаметром D . Через точки $A_1, 1_1, 2_1, 3_1$ проводим прямые, соответственно параллельные образующим $S_0A_0, S_01_0, S_02_0, S_03_0$ на развёртке вспомогательного конуса. На этих прямых из точек $A_1, 1_1, 2_1, 3_1$ откладываем длину образующей l заданного усеченного конуса и получаем соответственно точки $A_2, 1_2, 2_2, 3_2$, которые определяют развёртку окружности верхнего основания.

Развёртки верхнего и нижнего оснований заданного конуса – лекальные кривые, проходящие через точки $A_2, 1_2, 2_2, 3_2$ и $A_1, 1_1, 2_1, 3_1$ соответственно.

Вторая половина развёртки может быть построена так же или на основании симметрии относительно оси S_03_0 .

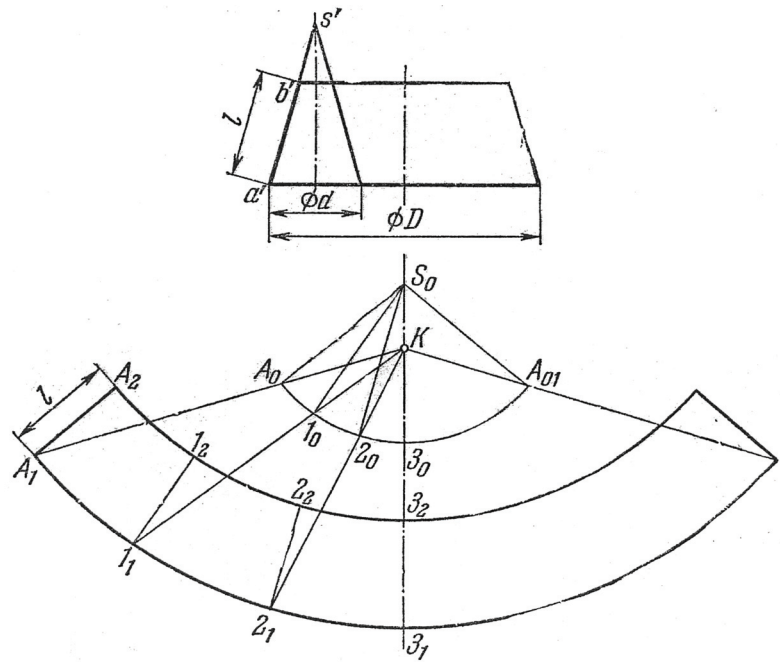


Рис. 2. Развёртка конуса вращения с недоступной вершиной

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубенников А.В., Громов М.Я. Начертательная геометрия. М.: Выс. шк., 1973. 416 с.
2. Гордон В.О., Семенцов-Огневский М.А. Курс начертательной геометрии. М.: Выс. шк., 2004. 272 с.



УДК 691.11: 674

Н.А. Воронцова, Н.В. Филатов, Е.Г. Шестопапов

ВОРОНЦОВА Наталья Анатольевна – доцент кафедры математического моделирования и информатики Школы естественных наук (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: vorontsova54@mail.ru, ФИЛАТОВ Николай Валерьевич – студент (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: n.filatov.90@mail.ru, ШЕСТОПАЛОВ Евгений Георгиевич – старший преподаватель кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток. E-mail: dvgtu.skim@gmail.com

© Воронцова Н.А., Филатов Н.В., Шестопапов Е.Г., 2012

Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния балок с перфорированными стенками



Приводятся сведения о достоинствах малоэтажного строительства, новых разработках клефанерных элементов различных профилей, которые позволяют изготавливать высокоэффективные панели ограждающих конструкций и другие конструкции зданий. Анализируются некоторые результаты экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния образцов балочек с перфорированными стенками, изготовленными из фотоупругого материала.

Ключевые слова: малоэтажное строительство, клефанерные элементы, конструкции зданий, перфорированные стенки, фотоупругий материал.

Experimental study of stress-strain state beams with perforated walls. Natalia A. Vorontsova – School of Life Sciences, Nikolay V. Filatov, Evgeniy G. Shestopalov – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

The article gives information about the merits of low-rise building, informed of the developed at the Department of Building Construction and Materials SI FENTU (now Department of Building and Real Estate Management FEFU) kleefanernyh elements of different profiles, which allow you to produce high-performance panel walling, beams, intermediate floors and rafter construction frames attics buildings and other structures are also some experimental results of the stress-strain state of the samples cross members with perforated walls made of photoelastic material.

Key words: low-rise building, kleefanernye elements, building design, perforated walls, photoelastic material.

Малоэтажное деревянное строительство сегодня является одним из самых перспективных секторов экономики: в России годовой объем производства оценивается на уровне 6 млрд евро. В целом малоэтажное домостроение обладает рядом других существенных преимуществ по сравнению с традиционным для России строительством многоэтажного жилья, а именно:

- динамичность: более низкие финансовые затраты и более короткие сроки запуска заводов по производству строительных конструкций и материалов для малоэтажного строительства, что позволяет ускорить введение в строй доступного жилья;

- экономичность: современные технологии массового возведения малоэтажного жилья позволяют обеспечить более низкую себестоимость по сравнению с многоэтажным жильем, за счет развития производства стройматериалов из местного сырья и, следовательно, сокращения транспортных расходов на их перевозку к месту строительства, эксплуатационные затраты для такого жилья существенно ниже, чем для многоэтажного;

- экологичность: древесина – возобновляемый ресурс, при рациональной ее заготовке для использования в строительстве природе наносится значительно меньший ущерб, чем при добыче руды, камня, песка и других полезных ископаемых. Кроме того, древесина обладает уникальными природными свойствами, которые обеспечивают естественное кондиционирование помещений, сохраняя при этом отличные теплоизоляционные свойства. Древесина является живым материалом, который обладает своей энергетикой, что положительно сказывается на самочувствии проживающих в таком доме людей;

- теплоэффективность – существующие кирпичные и бетонные жилые дома в большинстве своем холодные и не соответствуют новым строительным нормам по энергосбережению, для удовлетворения требований этих норм толщина стены обычной конструкции из традиционного кирпича в климатических условиях

России становится экономически нецелесообразной [1–7]. Стена деревянного дома с эффективным утеплителем (при средней его толщине в 300 мм) полностью удовлетворяет требованиям новых правил.

Существенно повышает экономичность строительства жилья применение разработанных на кафедре строительных конструкций и материалов ДВГТУ (ныне кафедра строительства и управления недвижимостью Инженерной школы ДВФУ) клефанерных элементов различных профилей, которые позволяют изготавливать высокоэффективные панели ограждающих конструкций, балки междуэтажных перекрытий, стропильные конструкции и каркасы мансард.

При изготовлении клефанерных элементов возникает необходимость сращивания (увеличения длины) фанерных листов, поскольку по существующему сортаменту длина фанерных листов не превышает 2440 мм (бакелизированная фанера может иметь большую длину, но у нее бывают значительные отклонения по толщине). Процесс сращивания фанеры очень трудоемок, требует использования специального оборудования, а надежность стыков не соответствует требуемым параметрам.

При разработке новых конструкций малоэтажных зданий было решено отказаться от сращивания фанерной стенки в процессе изготовления клефанерных элементов, оставляя зазоры между фрагментами стенки. Размер этих зазоров может быть минимальным (плотный контакт фрагментов стенки) или достигать определенной величины, при которой зазор между этими фрагментами начнет оказывать возрастающее влияние на несущую способность балочного элемента.

Для определения характера работы балок двутаврового сечения с прерывистой фанерной стенкой, выявления степени и характера влияния перфорации стенки балки на фактическую картину ее напряженно-деформированного состояния были изготовлены 4 модели балок одинакового размера прямоугольного сечения (4 x 280 мм) из фотоупругого материала: одна – без перфорации и три – с перфорацией стенок, в которых варьируется шаг; величина и форма перфорации стенки от 1 до 40 мм.

Балки были испытаны в полярископе с приложением сосредоточенных нагрузок в середине пролета и на расстояниях 1/3 и 1/4 пролета от опор. Загружение балок осуществлялось ступенями с фиксацией величины деформации на каждой ступени нагрузки. По результатам испытаний построены графики зависимостей деформаций от величин приложенных нагрузок для каждой балки и схемы нагружения. С этой целью использовался индикатор часового типа с ценой деления 0.01 мм. Помимо этого осуществлялась фотофиксация картин напряженного состояния балок с последующим сопоставлением этих картин.

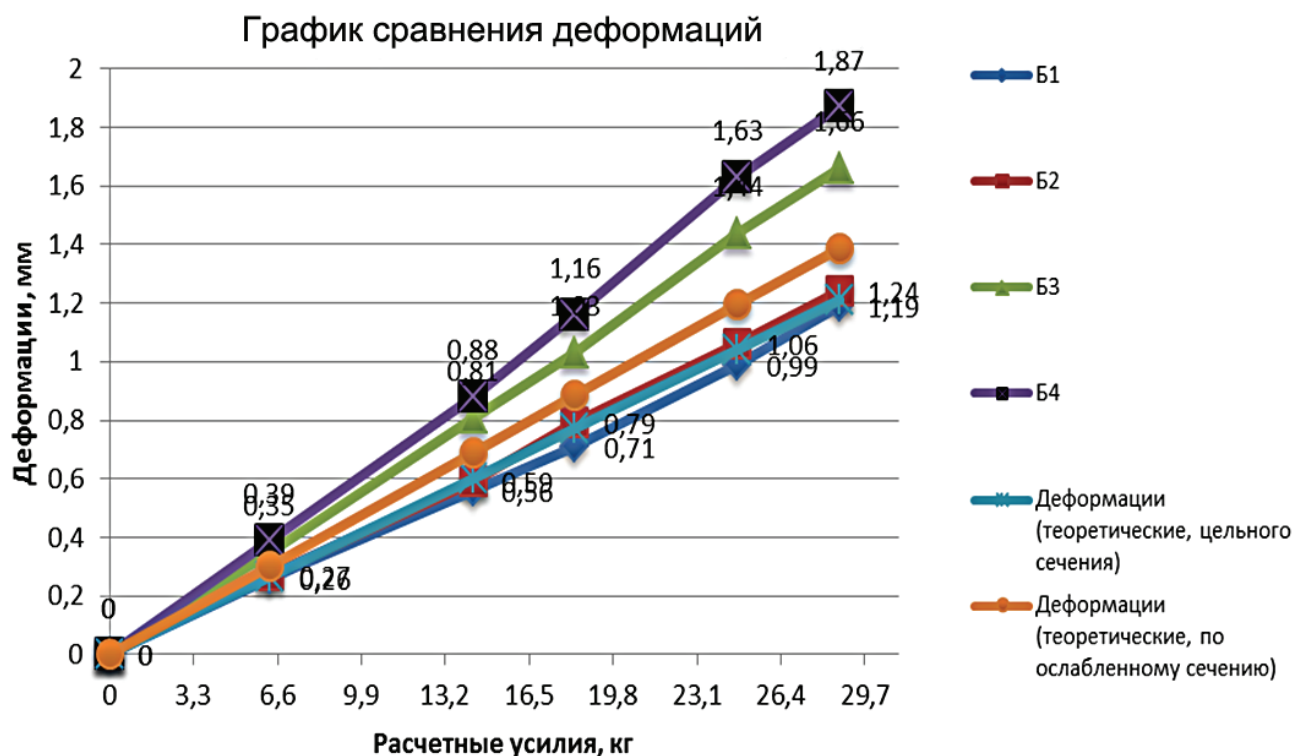


Рис. 1. Деформации балок в зависимости от величины зазора между элементами стенки

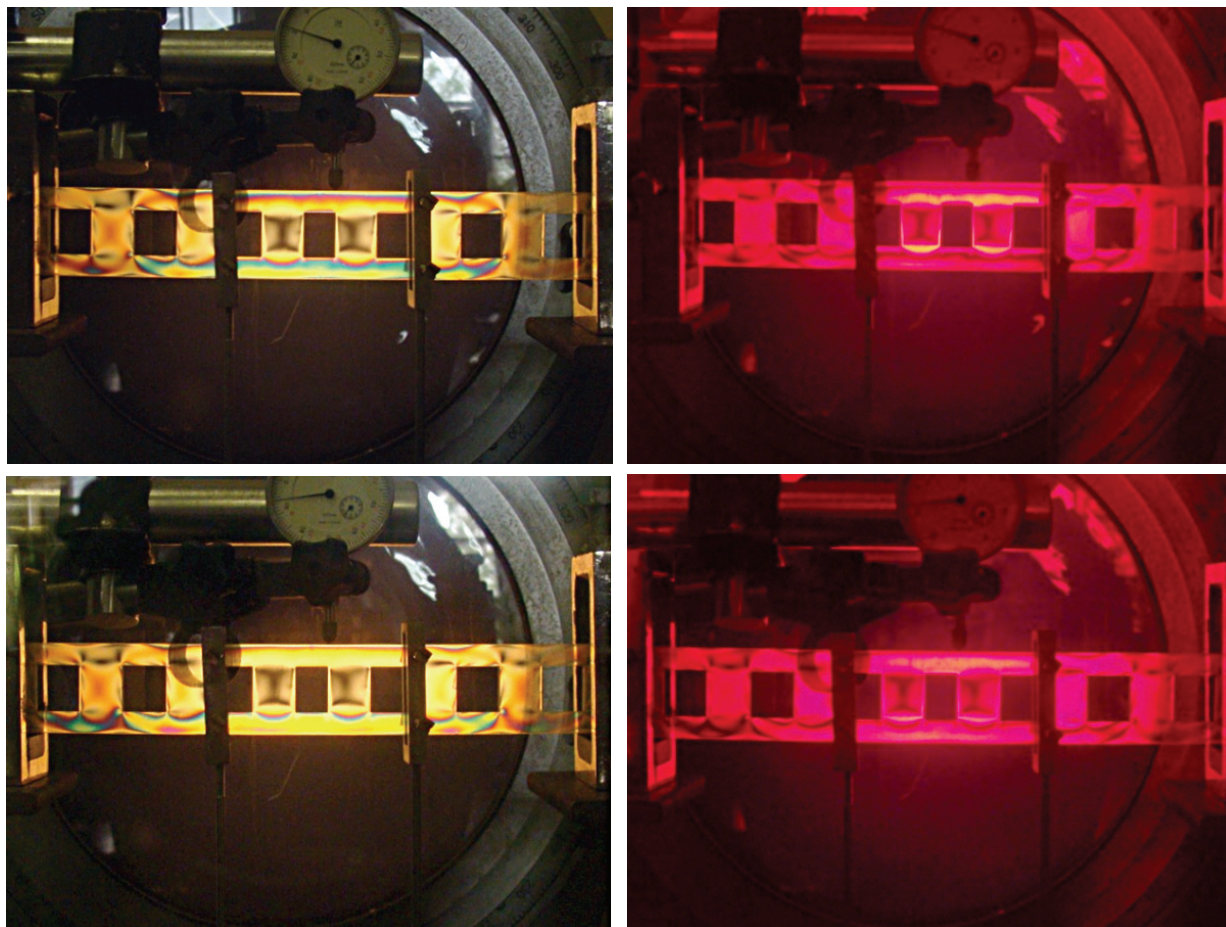


Рис. 2. Поле интерференции, наблюдаемое при просвечивании в полярископе нагруженной модели

Для выявления характера влияния конструкции балки на ее несущую способность и деформативность нагружение образцов различной конструкции осуществлялось одинаковыми силами, приложенными в одинаковой последовательности.

Пример графиков зависимостей деформаций экспериментальных балок различных конструктивных решений от величины приложенной нагрузки приведен на рис. 1. Рис. 2 иллюстрирует пример поля интерференции, наблюдаемого при просвечивании в полярископе модели балки с перфорированной стенкой, нагруженной продольной растягивающей силой и двумя сосредоточенными силами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. М.: Стройиздат, 1991. 767 с.: ил.
2. Бондаренко В.М., Судницын А.И., Назаренко В.Г. Расчет железобетонных и каменных конструкций: уч. пособие для строит. вузов / под ред. В.М. Бондаренко. М.: Выс. шк., 1988. 304 с.: ил.
3. Металлические конструкции: в 3 т. Т. 1. Общая часть. Справочник проектировщика / под общ. ред. В.В. Кузнецова. М.: АСВ, 1998. 576 с.: ил.
4. Металлические конструкции: в 3 т. Т. 1. Элементы стальных конструкций: уч. пособие для строит. вузов / В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов и др.; под ред. В.В. Горева. М.: Выс. шк., 1997. 527 с.: ил.
5. СНиП 2.01.07-85. Бетонные и железобетонные конструкции. М.: Госстрой СССР, 1985.
6. СНиП II-23-81* Стальные конструкции. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. 96 с.
7. Типовые железобетонные конструкции зданий и сооружений для промышленного строительства: справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1981. 488 с.



УДК 624.159

Н.Я. Цимбельман, Т.И. Чернова

ЦИМБЕЛЬМАН Никита Яковлевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой гидротехники, теории зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ЧЕРНОВА Татьяна Игоревна – магистрант кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: ch_t_i@mail.ru

© Цимбельман Н.Я., Чернова Т.И., 2012

Постановка экспериментальных исследований оболочек большого диаметра с наполнителем



Предлагается метод изучения характера напряженно-деформируемого состояния оболочечных конструкций с учетом взаимодействия тонкой оболочки с наполнителем и средой основания в лабораторных условиях на моделях. Данный метод является одним из шагов в создании более точной математической модели оболочечных конструкций.

Ключевые слова: оболочечная конструкция, наполнитель, модельные исследования, математическая модель, испытательная установка.

Assignment of tasks for experimental research of large-diameter thin shells with elastik filler. Nikita Ya. Tsimbelman, Tatiana I. Chernova – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok). A method of studying the nature of the stress-strain condition of shell structures is proposed in the paper. The proposed method takes into account the interaction (in a physical model) in between ground environment and thin shell with filler. The method is one of the steps in creating a more accurate mathematical model of shell structures.

Key words: thin shell designs, elastic filler, model researches, mathematical model, proof-of-concept.

Оболочечные конструкции – перспективный тип конструкций в современном строительстве (гидротехническом, промышленном, гражданском) за счет рациональной совместной работы относительно дешевого наполнителя и материала оболочки, удерживающего наполнитель в проектом положении. Из-за недостаточной изученности взаимодействия этих двух компонентов конструкции при проектировании для исключения недопустимых деформаций предусматривают специальные конструктивные мероприятия (полки, ребра и др.), что усложняет процесс строительства. В связи с этим актуальной является задача изучения характера напряженно-деформированного состояния оболочечных конструкций с наполнителем с учетом особенностей взаимодействия тонкой оболочки с наполнителем и средой основания.

Первые модельные исследования оболочечных конструкций были проведены в 1952 г. И.В. Фёдоровым и В.Н. Титовой (рассматривались ячеистые конструкции из металлического шпунта диаметром 0,7 м, высотой 1 м), позже в 1969 г. С.П. Левачёв и В.С. Шурупов испытывали модель из трёх цилиндрических оболочек диаметром 0,48 м и высотой 0,78 м. Последние крупные исследования на моделях в этой области проведены в 1986 г. А.Т. Беккером и В.И. Селивёрстовым (выработана методика расчета деформаций цилиндрических сооружений).

Планируемый эксперимент предполагает изучение работы сооружения в лабораторных условиях. Для этого необходимо, чтобы исследуемая модель и условия ее работы соответствовали реальному сооружению и явлениям, происходящим в натуральных условиях. Исследуемая конструкция – тонкая оболочка, удерживаемая в проектом положении большей частью за счет работы внутреннего наполнителя.

Основной целью эксперимента является определение направлений развития математической модели оболочечной конструкции с наполнителем.

Наибольший интерес представляют особенности работы оболочечной конструкции в зоне контакта с грунтовым основанием. Для описания напряженно-деформированного состояния конструкции в указанной области в математическую модель оболочки вводится описание «краевого эффекта» (труды И.Г. Терегулова, И.В. Стасенко).

Для оболочек большого диаметра с наполнителем, опирающихся на основание нижним торцом и передающих часть нагрузки на основание через внутренний наполнитель, интересен характер распределения напряжений в оболочке при внецентренном нагружении на жёстком и податливом основаниях.

На данном этапе работы запланирован эксперимент, направленный на фиксацию картины распределения напряжений в стенке тонкой оболочки с внутренним наполнителем, установленной на жёстком недеформируемом основании.

В качестве схемы нагружения принята модель оболочки большого диаметра, размеры модели получены согласно положениям теории подобия с учётом соотношения жёсткостей модели и натуре (см. таблицу) [1, 3, 4]. Модуль упругости материала (пластик) модели определен стандартным методикам [2].

Параметры модели

Параметр	Диаметр модели, d_m , м	Высота модели, h_m , м	Толщина стенки модели, t_m , м	Модуль упругости материала модели, E_m , кПа
Значение	0,5	0,725	0,004	$0,8 \cdot 10^6$ – пластик

Внутренний наполнитель – сухой песок, благодаря отсутствию связности принимаемый в качестве модели наполнителя в натуре [5, 6].

Схема нагружения – цилиндрическая оболочка с жестким оголовком по верхнему свободному торцу, жестко закреплена на основании (см. рисунок).

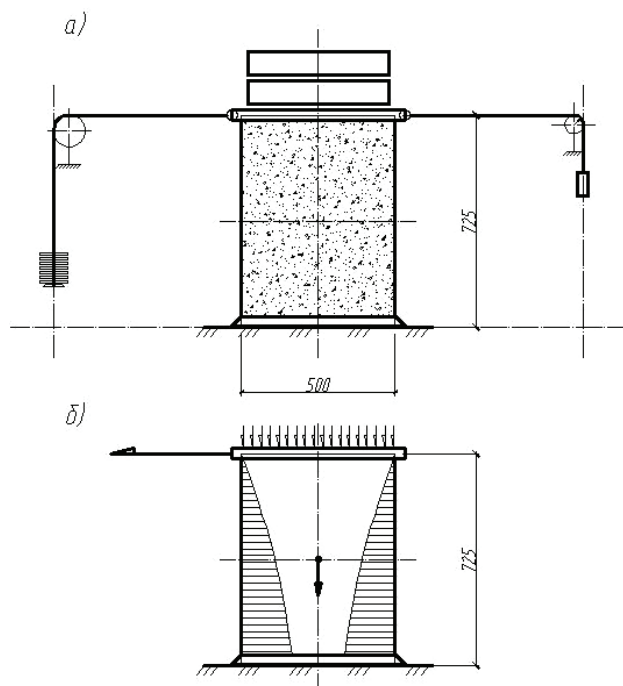
Планируется приложение горизонтальной нагрузки к верхнему краю (оголовку) оболочки с фиксацией перемещений и картины распределения напряжений в нижней (опорной) области оболочки с наполнителем.

Параметры модели указаны в таблице.

На данном этапе планируется решить следующие задачи:

- собрать испытательную установку, позволяющую осуществлять сдвиг и поворот модели на жестком (в будущем – на податливом) основании;
- установить измерительную систему, способную фиксировать деформации в теле оболочечной конструкции, произвести ее калибровку;
- зафиксировать развитие деформаций конструкции во времени в зависимости от роста нагрузки;
- зафиксировать характер разрушения оболочечной конструкции;
- установить зависимость изменения напряжений в теле оболочки от внешней нагрузки;
- рекомендовать конструктивные приемы, позволяющие повысить эффективность работы наполнителя в составе оболочечных конструкций в различных эксплуатационных условиях.

На начальном этапе обработки данных необходимо установить соответствие картины напряжений в теле оболочки при заданных условиях с расчетными моделями, разработанными на основе метода конечных элементов (МКЭ).



Кинематическая схема нагружений (а); схема приложения нагрузки (б)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Веников В.А. Теория подобия и моделирования. М.: Высш. шк. 1976. 480 с.
2. ГОСТ 9550-81. Пластмассы. Методы определения модуля упругости при растяжении, сжатии и изгибе. М.: Изд-во стандартов, 2004. 8 с.
3. Довгаленко А.Г. Некоторые вопросы теории моделирования работы эстакадных набережных в грунтовом лотке // Портовое гидротехническое строительство. М.: Транспорт, 1965. С. 5–18.
4. Довгаленко А.Г. О подобии напряжений и деформаций грунта, модели и натуре // Портовое гидротехническое строительство. М.: Транспорт, 1966. С. 71–85.
5. Довгаленко А.Г. Теория и практика модельных исследований морских причальных сооружений. М.: Транспорт, 1977. 184 с.
6. Иванов П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений. М.: Высш. шк. 1985. 352 с.
7. Кирпичев М.В. Теория подобия. М.: АН СССР, 1953. 94 с.
8. Флорин В.А. Основы механики грунтов. Т. 1. М.; Л.: Госстройиздат, 1961. 508.



УДК 69.05:658.516.3

Э.В. Моисеев

МОИСЕЕВ Эдуард Владиславович – старший преподаватель кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).

E-mail: 1977edward@mail.ru

© Моисеев Э.В., 2012

Комплект аналитических обзоров современных технологий строительного производства



Предлагается комплект аналитических обзоров современных технологий строительного производства, который может быть использован для предварительного выбора наиболее оптимальной технологии при проектировании технологических карт, а также в учебном процессе. Данный комплект аналитических обзоров может стать основой для разработки полноценной электронной справочной системы, позволяющей объективно оценивать инновации с учетом области их применения, достоинств и недостатков.

Ключевые слова: аналитические обзоры, современные технологии, строительное производство, инновации.

The set analytical reviews of modern technologies of construction industry. Eduard V. Moiseev – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

It is proposed a set of analytical reviews of modern technologies of construction industry. The set can be used to pre-select the most appropriate technology in the design process maps, as well as in the learning process. This set of analytical reviews can be the basis for developing a complete online help system that allows an objective assessment of innovation in the light of their applications, advantages and disadvantages.

Key words: analytical reviews, advanced technology, building production, innovation.

В последние десятилетия на отечественном строительном рынке появилось значительное количество новых технологий. Однако их внедрение в производство затруднено комплексом объективных причин, среди которых следует выделить отсутствие единой справочной системы, позволяющей выполнить объективную оценку предлагаемых инноваций с учетом области их применения, достоинств и недостатков.

Под руководством старшего преподавателя Э.В. Моисеева студентами групп С-7932, С-7934 в 2010/11 уч. г. был разработан комплект аналитических обзоров современных технологий строительного производства.

В комплект входят 35 аналитических обзоров по современным технологиям:

- геодезических работ (Недбайлов П.А.);
- транспортирования строительных грузов (Петренко М.В.);
- вертикальной транспортировки грузов на строительной площадке (Додиомов И.А.);
- усиления грунта (Буртылев Е.С.);
- бестраншейной разработки грунта (Нгуен Ван Чиен);
- разработки грунта в зимних условиях (Пашенко А.А.);
- устройства свайных фундаментов (Барышева Ю.С.);
- усиления фундаментов (Ростовский А.Н.);
- устройства дренажных систем (Егорова Д.Д.);
- устройства гидроизоляции (Корниенко О.П.);
- устройства опалубочных систем (Топорин В.В.);
- выполнения сварочных работ (Шрейбер А.А.);
- соединения арматуры без сварки (Плева Н.С.);
- изготовления, транспортировки и подачи бетонной смеси (Коваленко А.В.);
- проведения бетонных работ в зимних условиях (Ионин В.В.);
- выполнения каменных работ (Синявский Д.Ю.);
- усиления каменных конструкций (Кузоваткин А.В.);
- устройства теплоизоляции ограждающих конструкций (Щетинин Ю.О.);
- монтажа металлических конструкций (Кравченко И.М.);

- антикоррозионной защиты металлоконструкций (Баутенко П.А.);
- деревянного домостроения (Митина Т.И.);
- возведения покрытий большепролетных зданий (Беляков А.Ю.);
- безвыверочного монтажа (Погребенкова А.Д.);
- использования средств малой механизации в стесненных условиях (Шульгина М.А.);
- обеспечения высотных работ (Калачев М.В.);
- выполнения работ с применением промышленного альпинизма (Андреев М.В.);
- устройства кровельных систем (Маслюк Е.А.);
- устройства перегородок в общественных зданиях (Терентьева А.С.);
- монтажа оконных систем (Шитая К.К.);
- штукатурных работ (Логинская О.Е.);
- отделки потолков (Макитов И.Х.);
- выполнения малярных работ (Попов Ю.Г.);
- устройства спортивных покрытий (Каменев А.С.);
- отделки фасадов (Алека А.А.);
- сноса зданий и сооружений (Удод С.А.).

Каждый аналитический обзор содержит следующие разделы:

- введение, включающее в себя актуальность, цель и задачи данного обзора;
- общепринятую классификацию рассматриваемых технологий, выявленную в ходе информационного поиска;
- предлагаемую автором обзора классификацию рассматриваемых технологий с учетом включения в нее новейших технологий;
- последовательное иллюстрированное описание всех технологий, включенных в авторскую классификацию, с учетом области их применения, достоинств и недостатков;
- сравнительную морфологическую таблицу анализируемых технологий по наиболее значимым для них характеристикам (морфологические таблицы разрабатывались на основе теоретических подходов, сформулированных в [1, 2]);
- аналитические диаграммы, позволяющие наглядно выявить наиболее перспективные технологии по совокупности требуемых характеристик;
- заключение, в котором приводятся основные выводы по данному обзору;
- список использованных источников, включающий ссылки на учебную и нормативную литературу, электронную базу данных ФИПС (Федерального института промышленной собственности), интернет-публикации.

Средний объем одного обзора – 40–50 страниц. Материалы переданы в архив кафедры строительства и управления недвижимостью ИШ ДВФУ (ТМСП СИ ДВГТУ) в бумажном и электронном виде.

Данный комплект аналитических обзоров может стать основой для разработки полноценной электронной справочной системы при условии проведения его комплексной экспертной оценки и обоснованной корректировки содержания отдельных разделов.

В настоящее время разработанный комплект может быть использован для предварительного выбора наиболее оптимальной технологии при вариантном проектировании технологических карт в ходе дипломных работ, а также в учебном процессе при чтении лекций и проведении практических занятий по дисциплинам «Технология, организация и механизация строительного производства», «Технология строительных процессов», «Региональные особенности строительного производства», «Новые технологии строительных процессов», «Инновационно-технологическое проектирование».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моисеев Э.В. Область применения морфологического метода, его достоинства и недостатки // Тр. Дальневост. гос. техн. ун-та. Вып. 147. Владивосток: ДВГТУ, 2007. С. 179–182.
2. Моисеев Э.В. Табличное и формульное описание морфологического множества для случая двойной комбинации критериев // Тр. Дальневост. гос. техн. ун-та. Вып. 148. Владивосток: Усури, 2008. С. 3–7.



УДК 69.051:911.9:303.716

Е.А. Изотова, Г.А. Кияшко

ИЗОТОВА Елена Александровна – аспирант кафедры геодезии, землеустройства и кадастра Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: lenusik88@mail.ru, КИЯШКО Галина Александровна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геодезии, землеустройства и кадастра Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: kiyagal@mail.ru

© Изотова Е.А., Кияшко Г.А., 2012

Выбор места размещения объекта капитального строительства на территории города Южно-Сахалинска с использованием геоинформационных систем



Предлагается модель выбора оптимального места размещения объекта капитального строительства с учетом характеристик окружающей среды и существующей инфраструктуры. При создании модели за основу приняты данные рельефа и климатических особенностей района. Пространство и инфраструктура района сгруппированы по тематическим слоям. Переклассификация данных позволяет присвоить каждому из свойств определенный ранг, соответствующий его влиянию на возможность размещения объекта капитального строительства. Модель может быть реализована в любом программном продукте с возможностью анализа и построения пространственных моделей местности.

Ключевые слова: ЦМР, рельеф, база геоданных, атрибутивные таблицы, градостроительное зонирование, интерполяция, оцифровка картографической информации, переклассификация.

Selection of site for the capital construction on the territory of Yuzhno-Sakhalinsk by using geographic information systems. Elena A. Izotova, Galina A. Kiyashko – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

In this article it is given the model of choosing the optimal location for an object of capital construction in view of the characteristics of the environment and existing infrastructure. When this model was been creating the relief and climatic characteristics of the area was taken as a basis for the data. Environment and infrastructure of the area have been grouped in thematic layers. Reclassification of data allows us to assign each of the properties of a certain rank, commensurate with its impact on the possibility of placing an object of capital construction. This model can be realized in any software product with the abilities for spatial analysis and modeling terrain.

Key words: DEM, relief, geodatabase, attribute tables, urban zoning, interpolation, digitized cartographic information, reclassification.

Постоянная градостроительная деятельность приводит к тому, что стало сложнее выбрать наиболее оптимальное место для размещения объекта. Чтобы подобрать подходящий для инвестора земельный участок, необходимо, помимо кадастровых данных, учитывать как требования рельефа к определенному типу строительства, так и требования градостроительного зонирования территории города, существующую застройку, развитость инфраструктуры. Учесть весь комплекс пространственных факторов можно с помощью применения геоинформационных систем.

Строительство крытого катка на территории города Южно-Сахалинска – одна из самых обсуждаемых тем, поскольку оно благотворно скажется на экономической и социальной ситуации в городе. Однако выбранное в настоящее время Министерством строительства Сахалинской области место для возведения такого объекта необоснованно, поскольку градостроительными документами Южно-Сахалинска размещение Ледового дворца в выбранном месте не было запланировано. Кроме того, данный участок находится во владении Ботанического сада, и здесь произрастает несколько тысяч ценных и редких деревьев (всего около 2754 взрослых растений), в том числе занесенных в Красную книгу Сахалинской области. Вырубка таких деревьев не допускается, возможна лишь их пересадка в другое место, однако проектом катка это не предусмотрено.

Также непонятен выбор участка с точки зрения стоимости строительных работ, поскольку он находится на крутом склоне (до 5–6°), который для строительства катка необходимо будет срезать, что значительно повысит эту стоимость. Уклон территории внесет коррективы и при строительстве стоянки, которая предполагается двухуровневой, что также существенно повлияет на стоимость строительства.

Поскольку выбранный вариант земельного участка для строительства Ледового дворца не соответствует реалиям социально-экономической ситуации в городе, целесообразно с помощью геоинформационных систем найти альтернативные варианты оптимальных земельных участков для размещения катка на городской территории. При этом необходимо действовать с учетом рельефа, инфраструктуры (транспортная доступность, удаленность от промышленных и близость к зеленым зонам), существующей городской застройки, кадастровой информации, градостроительного зонирования, возможностей использования земельных участков. В данной работе эта задача была решена с помощью ГИС ArcGIS.

Для решения вопросов использования городских земель необходимо иметь данные земельно-кадастровой информации: о земельных участках, их уникальных характеристиках и различных объектах, расположенных на территории города. Для облегчения управления данными и их анализа автором была создана в ArcGIS персональная база геоданных, в которую были импортированы полученные шейп-файлы, в результате чего в базе геоданных были созданы следующие классы пространственных объектов:

- реки;
- автодороги;
- улицы;
- железные дороги;
- озера, водохранилища;
- зеленая зона;
- земельные участки;
- жилая застройка;
- производственная застройка;
- кадастровые кварталы, массивы, блоки.

Для дополнения созданной базы данных в этой работе использовался картографический материал различного зонирования территории города, находящийся на официальном сайте департамента архитектуры, градостроительства и управления недвижимостью (ДАГУН) г. Южно-Сахалинска в свободном доступе. Автором этот материал был привязан к существующей местной системе координат, а затем оцифрован. Результатом оцифровки стали новые классы объектов в базе. Атрибутивная таблица каждого класса была заполнена необходимыми данными [1].

Для анализа с целью выбора оптимального участка необходимо определить исходные данные и требования к ним.

Градостроительная зона. Поскольку Правилами землепользования и застройки г. Южно-Сахалинска [2] строительство спортивных комплексов разрешено только в жилых, общественно-деловых и рекреационных зонах, необходимо выбрать участки, принадлежащие этим зонам. Кроме того, нужно учитывать, что в зоне Ж-1 строительство таких объектов запрещено. Выбираемый участок должен быть пустым, т.е. незастроенным (см. рисунок).

Площадь. По проекту Ледового дворца непосредственно под застройку с учетом прилегающих территорий требуется не менее 20 000 м².

Уклон. Такой масштабный объект, как Ледовый дворец, необходимо строить при уклоне территории не более 2–3°.

Расстояние от дороги. Данный объект предназначен для жителей не только Южно-Сахалинска, но и всей области, поэтому необходимо предусмотреть транспортную доступность объекта, для чего определим минимальное расстояние от земельного участка до дороги – 300 м.

Удаленность от промышленных объектов. Ледовый дворец, как объект для отдыха населения, необходимо располагать в отдалении от промышленных объектов, поэтому в данной работе возьмем расстояние 1000 м от промышленных зон до земельных участков.

Расстояние от территорий, подверженных затоплению. При паводке однопроцентной обеспеченности, т.е. когда ливни достигают катастрофического масштаба, возможно сильное затопление территории и смыв почв, поэтому при поиске участка для строительства нужно учесть расстояние от зон, подверженных затоплению. Определим его для данной работы в 500 м.

Близость к зеленым зонам. Данный фактор необязателен, но желательно небольшое расстояние от земельного участка до Ледового дворца, поскольку сам объект относится к объектам рекреации. В этом случае Ледовый дворец и зеленая зона города составили бы хорошую территорию для рекреации, тем самым усилив рекреационный потенциал территории.

Выбор оптимального участка осуществлялся инструментами ArcGIS.

Выборка по атрибуту и Выборка по местоположению [3]. Для начала выбрали градостроительные зоны, удовлетворяющие условию, после чего определили участки, центры которых принадлежат вышеуказанным зонам. Таким образом, на первом этапе выбраны участки, подходящие для строительства по правовым характеристикам. Для того чтобы определить свободные участки из выбранных, необходимо в запросе указать наименование собственника ДАГУН, поскольку именно такая запись говорит о том, что участок сформирован, однако у него еще нет собственника или арендатора.

После проведенных действий мы получили 174 участка, из которых теперь необходимо выбрать участки площадью более 20 000 м².

Оставшиеся участки отбираем исходя из уклона территории, для чего выделяем территорию с уклоном до 3°, после этого *Выборкой по местоположению* определяем участки, центры которых находятся на выделенной территории, их остается 5.

Затем *Выборкой по местоположению* определяем участки, находящиеся на расстоянии 300 м от дорог. Для определения расстояния до промышленных зон строим буфер шириной 1000 м и удаляем участки, которые попадают в полученную зону. В результате остается 2 земельных участка, удовлетворяющих поставленным условиям.

Далее строим буфер шириной 500 м вокруг *Зоны, подверженные затоплению паводком редкой обеспеченности* и определяем участки, входящие в эту зону. После данного этапа остаются 2 участка, которые полностью удовлетворяют всем запросам.

С помощью инструмента *Определение расстояния* рассчитывается расстояние от выбранных участков до зеленых зон, которое составило в обоих случаях 0 м, поскольку данные участки находятся в зеленой зоне города.

Таким образом, средствами ArcGIS определены 2 участка, которые подходят для строительства в соответствии с условиями поставленной задачи. Данные участки оптимально удовлетворяют требованиям градостроительства, застройки, требованиям к уклонам и гидрографии, экономически они более выгодны, поскольку не будет необходимости объемных земляных работ по подготовке участка для застройки. Земельные участки имеют ровную поверхность, они располагаются неподалеку от пересечения основных улиц города, что дает возможность равномерно распределить транспортную нагрузку на автомагистрали. Кроме того, данные участки не находятся на территории Ботанического сада или в иных местах, где могут произрастать редкие растения. Значит, их выбор под строительство не вызовет нареканий у населения, и это снизит социальную напряженность в городе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О наличии и распределении земель по формам собственности, категориям, угодьям и пользователям муниципального образования «Город Южно-Сахалинск»: годовой отчет / Южный межрайонный (территориальный) отдел Управления Росреестра по Сахалинской области. Южно-Сахалинск, 2008.
2. О правилах землепользования и застройки в г. Южно-Сахалинске // Решение городского собрания города Южно-Сахалинск, №740/95-04-2 от 29 сентября 2004 г. (в ред. от 07.05.2008).
3. ArcGIS 9. Spatial Analyst Руководство пользователя. Электронный учебник. М.: Дата+, 2001. 558 с.



Порядок определения оптимальных участков для застройки



УДК 681.326.

А.Т. Беккер, А.М. Уманский

БЕККЕР Александр Тевьевич – доктор технических наук, директор Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: abekker@mail.ru, УМАНСКИЙ Андрей Михайлович – аспирант, Инженерная школа (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток. E-mail: turman_uma@mail.ru.

© Беккер А.Т., Уманский А.М., 2012

Перспективы применения композитной арматуры



Рассмотрены перспективы применения композит-бетонных конструкций в России, а также основные сложности и препятствия применения композитных армирующих материалов. Предложены мероприятия, выполнение которых расширит практическую область применения композит-бетонных конструкций.

Ключевые слова: композитное армирование, перспективы композит-бетона, проблемы применения, необходимые мероприятия.

Prospects of composite reinforcement. Aleksandr T. Bekker, Andrey M. Umanskiy – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

This paper aims to show the prospects of the composite-concrete structures in Russia. Take into consideration the main difficulties and obstacles to use of composite reinforcing materials. This article summarize the measures, implementation of which will expand the scope of the practice area of the composite-concrete structures.

Key words: composite reinforcement, prospects of composite-concrete structures, difficulties of use, necessary measures.

Интерес к композитной арматуре возник в середине XX столетия в связи с рядом обстоятельств. Расширилось применение армированных бетонных конструкций в ответственных сооружениях, эксплуатируемых в сильноагрессивных средах, где трудно было обеспечить коррозионную стойкость стальной арматуры. Возникла необходимость обеспечения антимагнитных и диэлектрических свойств некоторых изделий и сооружений. Наконец, надо учитывать перспективу – ограниченность запаса руд, пригодных для удовлетворения непрерывно растущих потребностей в стали и всегда дефицитных легирующих присадках.

Совершенствование свойств стальной арматуры достигло того уровня, выше которого развитие, наконец, нецелесообразно в теории и на практике. Механические и технологические свойства по действующим стандартам достаточны для решения большинства задач при минимально возможной себестоимости ее применения в железобетоне. Однако существует перечень задач, в которых экономически обоснованной альтернативой служит композитная арматура, являющаяся диэлектриком и обладающая высокой химической стойкостью и радиопрозрачностью.

Основой композитной арматуры как изделия является материал, который формируют из композитного (базальтового, стеклянного, арамидного, углеродного) и связующего волокна – термореактивной синтетической смолы (пластика). Из-за высокой стоимости арматуры из углеродного и арамидного волокна распространения не получили, поэтому далее в настоящем сообщении речь пойдет о более рентабельной арматуре из базальтового и стеклянного волокна (ровинга).

В Германии, Нидерландах, СССР, США, Японии и других странах были проведены научные исследования, позволившие приступить к практическому решению проблемы. В качестве несущей основы высокопрочной неметаллической арматуры было выбрано непрерывное тонкое высокопрочное стеклянное волокно диаметром 10–15 мкм, нити которого формовали в виде монолитного стержня с использованием синтетических смол (эпоксидной, эпоксифенольной, полиэфирной и др.). К волокну предъявлялись повышенные требования к сохранению прочности в щелочной среде бетона и высокому сопротивлению растяжению. Отечественный опыт последних лет показал, что целесообразнее использовать вместо стеклянного волокна базальтовое, производство которого менее трудоемко, а сырье вполне доступно. Научные исследования в области неметаллической арматуры за рубежом значительно продвинулись, и ее стали использовать в различных сооружениях. Получили применение углеродные и арамидные волокна с более высокими механическими свойствами, расширен сортамент арматуры за счет витых канатов, возведено более десятка автодорожных и пешеходных мостов с различными пролетами.

Цель данной работы – проанализировать перспективы применения композит-бетонных конструкций, рассмотреть существующую теоретическую и практическую базу применения композитных материалов в армировании, определить, какие мероприятия необходимо провести для расширения области применения данного вида армирования.

Многочисленные публикации по изучению неметаллической арматуры в мировой научной литературе подтверждают перспективность этого материала и необходимость интенсификации исследований в этой области. За последние годы в России научные и производственные организации освоили выпуск неметаллических композитных элементов гибких связей. В основном производятся стеклопластиковые гибкие связи и анкерные стержни. Однако к арматуре бетонных конструкций, в отличие от гибких связей, предъявляются особые требования, касающиеся длительной прочности, сцепления с бетоном, модуля упругости и т.д. [4, 5].

НИИЖБ им. А.А. Гвоздева разработал новый способ безфильтрного изготовления композитной арматуры периодического профиля – метод нидлтрузии. При таком способе производства стержень, состоящий из волокнистых нитей, пропитанных полимерным связующим, сначала разделяют на отдельные части, пропускают по отдельным каналам, после чего вновь соединяют с одновременной спиральной оплеткой и натягом обмоточного жгута, внедряющегося в пучок волокон. Авторами получены патенты на технологию производства арматуры. Арматура, изготовленная методом нидлтрузии, имеет высокие анкерующие свойства в бетонной среде, надежное крепление спиральной обмотки на силовом стержне, а также высокие физико-механические свойства. Совершенствование технологии производства позволило повысить физико-механические характеристики композитной арматуры АСП и АБП (АСП – стеклопластиковая, АБП – базальтопластиковая). На основании результатов исследований разработаны технические условия «Арматура неметаллическая композитная периодического профиля» (ТУ 5769-248-35354501-2007). На предприятии ОАО «Моспромжелезобетон» при участии НИИЖБ и ООО «Промтрест-18» были изготовлены и испытаны образцы дорожных плит ПД 3×1,75-2АСП; 3×1,75-2АБП с неметаллической арматурой производства ООО «АСП» (г. Пермь) и металлической арматурой. В результате испытаний установлено следующее.

1. Максимальный момент, при котором произошло разрушение плиты, армированной металлической арматурой А500С, составил 1,12 тм, а плиты, армированной базальтопластиковыми стержнями производства ООО «АСП», – 1,5 тм.

2. Момент трещинообразования образцов был равен соответственно 0,46 и 0,45 тм.

3. Ширина раскрытия трещин для железобетонной плиты составляла: М=0,77 тм – 0,1 мм, М=1,0 тм – 0,2 мм. Для плиты, армированной базальтопластиковой арматурой: М=0,77 тм – 1,5 мм, М=1,08 тм – 2,0 мм.

4. Максимальное перемещение плиты составило соответственно 2,7 и 8,0 см.

В плите с базальтопластиковыми стержнями после образования трещин на каждом этапе загрузки наряду с интенсивным раскрытием трещин наблюдалось существенное перемещение плиты. Следует отметить, что вследствие малых относительных деформаций базальтопластиковых стержней, сопоставимых, по-видимому, с деформациями сжатого бетона, разрушений последнего не происходит, что и вызывает перемещения плит. Испытания показали достаточную надежность сцепления базальтопластиковой арматуры с бетоном, о чем свидетельствуют равномерный по длине образца шаг трещин в бетоне растянутой зоны и отсутствие продергивания стержней, вплоть до разрушения образцов. Проведенные исследования подтвердили принципиальную возможность использования неметаллической композитной арматуры в элементах конструкций, работающих на упругом основании. Уже сделаны рабочие чертежи дорожных плит массового изготовления размером 3,0×1,75×0,14 м (шифр НСК 296-07), армированных неметаллической композитной арматурой и предназначенных для покрытий внутрипостроечных и объездных дорог. Для расширения областей применения композитной неметаллической арматуры и детального изучения ее совместной работы с бетоном целесообразно продолжить исследования и провести испытания конструкций различного назначения. Особый интерес представляет использование неметаллической арматуры в предварительно напряженных железобетонных конструкциях. Однако для изготовления таких конструкций в заводских условиях препятствием является отсутствие захватных приспособлений и оснастки, которые предстоит разработать.

Наибольшим препятствием в применении композитной арматуры является полное отсутствие какой-либо нормативной базы. Единственными упоминаниями в действующих ТНПА являются пп. 6.10 и 8.13 ГОСТ 31384-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии»:

– «п. 6.10. В среднеагрессивных и сильноагрессивных средах для армирования конструкций без предварительного напряжения рекомендуется применять неметаллическую композиционную арматуру, за исключением изгибаемых элементов»;

– «п. 8.13. В конструкциях, подвергающихся электрокоррозии, допускается заменять стальную арматуру на неметаллическую (базальтопластиковую, стеклопластиковую и др.) при соответствующем обосновании» [1].

В СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции» [3]:

«п. 5.3.2. Для железобетонных конструкций следует применять следующие виды арматуры, установленные соответствующими стандартами:

- горячекатаную гладкую и периодического профиля диаметром 3–80 мм;
- термомеханически упрочненную периодического профиля диаметром 6–40 мм;
- механически упрочненную в холодном состоянии (холоднодеформированная) периодического профиля или гладкую, диаметром 3–12 мм;
- арматурные канаты диаметром 6–15 мм;
- неметаллическую композитную арматуру»;

«п. 5.3.3. К неметаллической арматуре (в том числе фибре) предъявляют также требования по щелочестойкости и адгезии к бетону».

Использование композитной арматуры в армировании бетонных конструкций весьма перспективное направление, но для расширения области ее применения в строительстве необходимо выполнить следующие мероприятия:

- разработать стандарты, регламентирующие требования к качеству арматуры, ее механическим свойствам и методам контроля;
- разработать строительные нормы, регламентирующие правила расчета и конструирования композитобетонных конструкций и устанавливающие требования к контролируемым параметрам в предельных состояниях;
- подготовить предложения по оценке характеристик периодического профиля арматуры;
- разработать типовые решения, обеспечивающие требуемый уровень огнестойкости композитобетонных конструкций;
- стандартизировать гнутые изделия.

До реализации данных мероприятий выполнять проектирование композитобетонных конструкций возможно только с использованием зарубежных норм проектирования и исключительно под арматуру конкретного производителя [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31384-2008. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2010. 46 с.
2. Лешкевич О.Н. Перспективы применения композитной арматуры // Третий междунар. симп. «Проблемы современного бетона и железобетона»: докл. Минск, 2011. С. 16–19.
3. СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. М., 2004. 29 с.
4. СТБ 1103 Арматура стеклопластиковая. Технические условия. Минск, 2010. 14 с.
5. Фролов Н.П. Стеклопластиковая арматура и стеклопластбетонные конструкции. М.: Стройиздат, 1980. 104 с.



УДК 624

Ю.В. Ефименко, И.Н. Некипелов, С.К. Толстенко, С.Л. Чугунова

ЕФИМЕНКО Юрий Васильевич – кандидат технических наук, НЕКИПЕЛОВ Игорь Николаевич – кандидат технических наук, ТОЛСТЕНКО Светлана Константиновна, ЧУГУНОВА Светлана Леонидовна (Центр «Строительные материалы и технологии» ДальНИИС РААСН, Владивосток).

© Ефименко Ю.В., Некипелов И.Н., Толстенко С.К., Чугунова С.Л., 2012

Влияние золы на свойства бетона



Представлены результаты комплексных исследований пуццоланической реакции золы в бетоне с использованием кондуктометрического анализа и определения параметров пористости по водопоглощению, установлена взаимосвязь измеренных показателей бетона с расчетными «химическими» модулями качества золы по Воятзакису и Губбарду.

Ключевые слова: зола, бетон, пуццоланическая реакция, кондуктометрический анализ, гидравлическая проницаемость, модули качества.

Effect of ash on the properties of concrete. Yuri V. Efimenko – Ph. D., Igor N. Nekipelov – Ph.D., Svetlana K. Tolstenko, Svetlana L. Chugunova (Center «Building materials and technology» DalNIIS RAASN, Vladivostok). The results of complex investigations of the pozzolanic reaction of ash in the concrete with the use of the conductimetric analysis and determination of the void parameters on water absorption are presented; the relationship between the measured concrete characteristics and calculated “chemical” ash quality modules on Voyatzakis and Hubbard was derived.

Key words: ash, concrete, pozzolanic reaction, conductimetric analysis, hydraulic permeability, quality modules.

Применение золы в бетоне основано на использовании ряда ее физико-химических свойств, и прежде всего ее пуццоланической активности – способности взаимодействовать с гидроксидом кальция и щелочами в поровой жидкости бетона.

Принято считать, что цемент с золой является идеальным вяжущим для железобетонных изделий заводского изготовления с тепловой обработкой паром. Применение золы более эффективно для портландцементов с умеренной экзотермией. Считается, что ни содержание углерода, ни удельная поверхность и показатель активности по поглощению СаО не могут быть использованы для оценки эффективности золы. Известно также, что каждые 10% золы увеличивают капиллярную прочность бетона на 15%.

В ДальНИИС выполнены комплексные исследования различных свойств растворов и бетонов в процессе твердения при нормальной температуре и пропаривании по режиму, час: 3+3+4^{90°C} + медленное остывание. Образцы хранили в известковой воде. Применены золы ГРЭС и ТЭЦ Приморского края (Партизанская – П, Большекаменская – БК, Главвладивостокстроя – ГВС) и портландцемент ПЦ 400 Спасского завода (C₃S 57–60%, C₂S 14–18%, C₃A 9–10%, C₄AF 10–12%).

Изученные золы имели обычные для кислых зол составы:

– химический, % (SiO₂ = 53–62, Al₂O₃ = 22–24, Fe₂O₃ = 2,4–3,4, СаО = 0,4–2,0; Fe₂O₃ = 2,4–3,4; FeO = 0,3–2; R₂O = 2,2–3,9);

– минералогический (β-кварц, полевые шпаты, муллит, аморфизованная стеклофаза, полукоксовые остатки с температурой окисления при 500–580 °С)

и несколько различались по удельной поверхности (200–300 м²/кг) и удельному электросопротивлению (800–4000 Ом · см) водной вытяжки.

Пуццоланическую реакцию (ПР) устанавливали по соотношению A₃>A₀, где A₃ и A₀ – соответственно, параметры для бетона (раствора) с золой и без золы (см. таблицу).

Кондуктометрические измерения показали, что присутствие золы в любом количестве изменяет электропроводность бетона (раствора) на всех этапах твердения. Пуццоланический эффект по прочности зафиксирован только в случае введения золы взамен части песка, в то время как по электропроводности этот эффект регистрируется при частичной замене как песка, так и цемента.

При нормальном хранении в течение первого месяца пуццоланическая реакция по электропроводности протекает медленно и в большей степени зависит от количества золы. Но к эксплуатационному возрасту (90 сут) действие золы на электропроводность бетона становится определяющим (см. таблицу).

**Влияние золы на свойства бетона в возрасте 90 сут
(состав в кг/м³: Ц = 210, В = 225, Щ = 1130, П = 650+зола)**

Свойства бетона	Режим твердения	Бетон				
		без золы		с золой (95кг/м ³)		
		Ц=217кг/м ³	Ц=270кг/м ³	ГВС	П	БК
Прочность R, МПа	НХ	9,9	15,9	21	20,3	17,0
	ПАР	8,3	13,3	13,8	18,6	15,9
Удельное электросопротивление ρ, кОм•см	НХ	3,74	3,78	7,59	6,75	4,59
	ПАР	3,08	2,96	38,0	33,0	14,5
Сквозная пористость Пс, %	НХ	10,7	9,8	3,9	4,8	6,8
	ПАР	13,3	12,8	0,8	1,0	2,3
Константа пропитки а•10 ⁹ см ⁻² •с ⁻¹	НХ	11,4	10,7	13,6	7,8	11,0
	ПАР	12,8	7,0	10,0	7,2	9,3
Водопоглощение максимальное Wmax, % об.	НХ	17,6	16,9	15,6	16,4	17,2
	ПАР	17,6	17,4	17,0	15,4	16,6
Водопоглощение в течение 24 ч W ₂₄ / Wmax, %	НХ	84	88	88	89	88
	ПАР	83	84	92	95	92
Параметр однородности пор (по Бруссеру) α, отн.ед.	НХ	0,67	0,63	0,62	0,60	0,64
	ПАР	0,91	0,82	0,65	0,63	0,65
Модуль Воятзакиса Mв=[(CaO+MgO+R ₂ O)/(SiO+ Al ₂ O ₃)]x10 ³ , отн. ед.	–	–	–	72	67	59
Модуль Губбарда Mг= (K ₂ O/Al ₂ O ₃)x10, в молях	–	–	–	1,79	1,29	1,06
Цементирующая эффективность R/Сц, МПа	–	140	183	320	286	250
Начало пуццоланической реакции τ _{пр} , сут	НХ			13	19	22

Примечание. Сц – объем цемента, отн. ед.; τ_{пр} – начало пуццоланической реакции, устанавливаемой по уравниванию относительного электросопротивления бетона с золой и без золы.

Пропаривание вызывает термоактивацию пуццоланической реакции золы, что приводит к резкому возрастанию удельного электросопротивления, прочности и снижению параметров проницаемости (ρ, Пс и т.д.) золосодержащих бетонов (растворов). При этом высокие значения относительной прочности (до 90...95% от R₂₈) и удельного электросопротивления бетонов с золой в возрасте 24 ч после пропаривания подтверждают вовлечение в процесс твердения дополнительных продуктов реакций золы с щелочами в форме Са(ОН)₂ и R₂O.

После прохождения пуццоланической реакции бетон с золой обладают улучшенными (в сравнении с контрольными составами) показателями по Rсж, Пс, Wmax, α (см. таблицу).

Зафиксированные нами значения параметров однородности пор α = 0,60–0,65 при показателе среднего радиуса пор λ₂ = 1,0–1,6 соответствуют данным М.И. Бруссера для зрелых (180 сут) цементных материалов с В/Ц = 0,6.

Подтверждена подчиненность прохождения пуццоланической реакции золы с щелочами цемента модулям активности этих алюмосиликатов по Воятзакису (Mв) и Губбарду (Mг).

Изменение прочности и показателей проницаемости исследованных бетонов согласуется со значениями модулей Mв и Mг и характеризует эти золы как пуццоланически активные.

Бетоны с добавкой золы имеют существенно более высокое удельное электросопротивление (в 5...10 раз выше контрольных) и низкую сквозную пористость, что можно рассматривать как фактор их повышенной коррозионной стойкости, в том числе в электрических полях.



УДК 691.32

В.Т. Гуляев, Д.В. Мальцев

ГУЛЯЕВ Владимир Трофимович – кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), МАЛЬЦЕВ Дмитрий Викторович – аспирант кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: mdv_rus@mail.ru
© Гуляев В.Т., Мальцев Д.В., 2012

Водонасыщение бетонных образцов в камере давления



Исследуется оптимизация определения морозостойкости бетона посредством ускоренного водонасыщения образцов в камере давления. До данного момента водонасыщение данным методом не производилось.
Ключевые слова: морозостойкость, водонасыщение, бар, камера давления.

Water saturation of concrete samples in the pressure chamber. Vladimir T. Guljaev, Dmitry V. Maltsev – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

In modern conditions of construction acceleration of definition of the most important characteristics of materials are the most actual. In given to work optimization of determination of frost resistance of concrete, by means of the accelerated water saturation of samples in the pressure chamber is investigated. Till this moment water saturation by this method wasn't made.

Key words: frost-resistance, water saturation, bar, chamber of pressure.

В современных условиях строительства ускорение определения наиболее важных характеристик материалов является наиболее актуальным. В нашем случае исследуется оптимизация определения морозостойкости бетона.

Для определения морозостойкости бетона согласно [1] контрольные образцы перед испытанием на прочность, а основные образцы – перед замораживанием насыщают водой/раствором соли (температура 18 ± 2 °С). Для этого их погружают в жидкость на 1/3 высоты на 24 ч, затем уровень жидкости повышают до 2/3 высоты образца и выдерживают в таком положении еще 24 ч, после чего образцы полностью погружают в жидкость на 48 ч таким образом, чтобы уровень жидкости был выше верхней грани образцов не менее чем на 20 мм. В целом на водонасыщение образцов уходит 96 ч.

Цель данной работы – оптимизировать время насыщения образцов водой либо солевым раствором и свести время водонасыщения к минимуму.

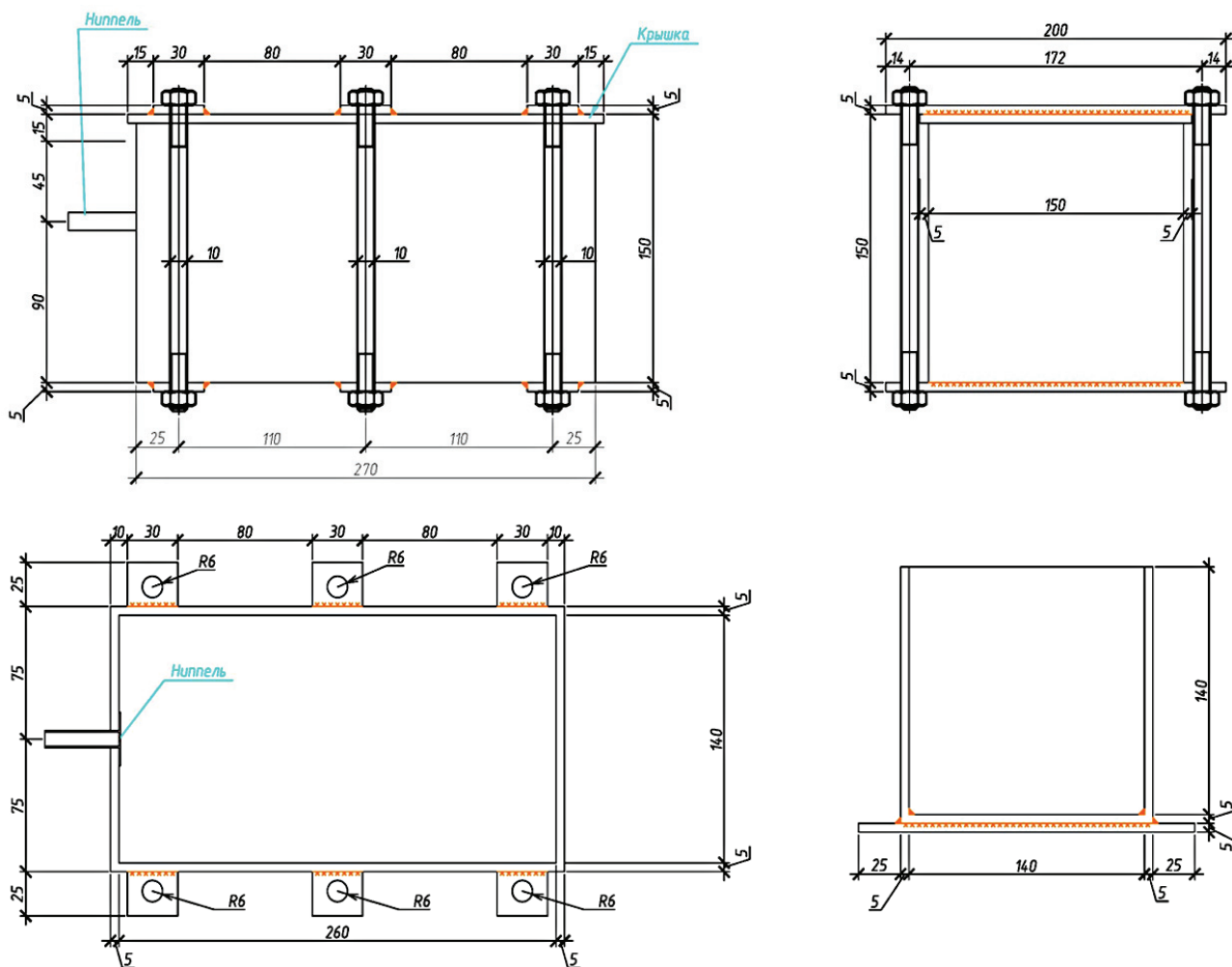
Для проведения эксперимента было изготовлено 12 бетонных образцов; 6 образцов из этой серии были насыщены стандартным методом, а 6 – в камере давления. Предлагаемый способ насыщения образцов в камере заключается в следующем:

- изготовленные образцы помещаются в камеру и заливаются водой или солевым раствором;
- через ниппель в камеру нагнетается воздух, что создает давление на воду, вода выталкивает воздух из пор бетона, в результате чего образцы насыщаются водой.

Предварительно была определена влажность по [2] для образцов, насыщенных стандартным методом в течении 96 ч. И эти данные использовались как образец для сравнения.

Результаты измерений водонасыщения бетонных образцов

№ образца	Сила разрушения, Т	Начальная масса, г	После 5 ч сушки, г	После 8 ч сушки, г	После 11 ч сушки, г
1	41	1000	954,55	949,90	949,66
2	44	1000	952,10	949,08	949,06
3	42	1000	954,6	949,65	949,5
4	43,5	1000	954,35	949,58	949,45
5	41	1000	955,05	949,8	949,6
6	40	1000	954,4	949,75	949,55



Развёртки камеры давления

Средняя влажность образцов по массе определяется по формуле

$$W_m = \frac{m_{\text{вод}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100\%;$$

$$W_m = 5.32\%.$$

Затем образцы поместили в специально разработанную камеру давления (см. рисунок) и залили водой, после чего с помощью насоса было создано давление в 3 бара.

В результате первое испытание камеры показало, что при давлении в 3 бара в течение 24 ч образцы насыщаются водой (влажность образцов в среднем составила 5,3% – см. таблицу).

Таким образом, данный метод показывает, что время водонасыщения бетонных образцов можно значительно снизить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 10060.0-95. Бетоны. Методы определения морозостойкости. Общие требования. М., 1997. 13 с.
2. ГОСТ 12730.2-78. Бетоны. Методы определения влажности. М.: Стандартинформ, 2007. 4 с.



УДК 628.1

В.В. Земляной, З.В. Мизенко

Земляной Виталий Владимирович – кандидат технических наук, профессор кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: zemlyanoy41@list.ru, Мизенко Захар Викторович – магистрант, кафедра инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: zahar512@mail.ru

© Земляной В.В., Мизенко З.В., 2012

Фильтрационные свойства геотекстиля



Для изучения однородности материала Тураг® (Тайпар) и его водопроницаемости при различных температурах фильтруемой воды были проведены лабораторные эксперименты.

Ключевые слова: анизотропность, геотекстиль, фильтрация, дренаж, температура, тайпар.

Filtration characteristics of geotextiles. Vitaliy V. Zemlyanoy, Zahar V. Mizenko – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

To study the homogeneity of the material Taupar and its permeability at different temperatures filtered water were carried out laboratory experiments.

Key words: anisotropy, geotextiles, filtration, drainage, temperature, taupar.

В настоящее время на рынке представлено множество материалов с различными техническими показателями по прочности и водопроницаемости, широко применяемых в различных областях строительства. Одним из таких материалов является геотекстиль.

Геотекстиль (англ. geotextile) – один из видов геосинтетиков: геоткань (тканое полотно), а также нетканое полотно – изготавливаемое иглопробивным, термоскрепленным (каландрирование) или гидроскрепленным способами из полипропиленовых или полиэфирных нитей – из одной бесконечной нити (мононить) либо из обрезков 5–10 см (штапель) [1].

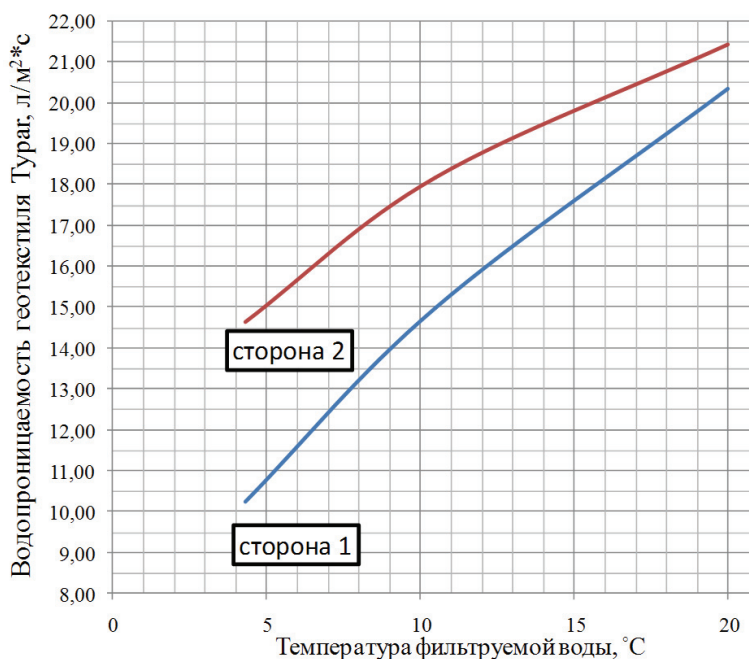
Материал Тураг® (тайпар), выпускаемый компанией DuPont (США), является нетканым термоскрепленным геотекстилем, производимым из бесконечных волокон 100%-го полипропилена. Материал имеет высокий начальный модуль упругости, значительное удлинение до разрыва (как правило, более 50%) и однородность структуры, благодаря чему превосходно выдерживает эксплуатационные нагрузки и сохраняет отличные фильтрационные качества. Он изотропен, т.е. его физические свойства неизменны в любом направлении, и обладает стойкостью к влаге и химическим соединениям, в частности к кислотам и щелочам; не гниет, не разлагается, не подвержен воздействию грибков и плесени, насекомых и грызунов, препятствует прорастанию корней [2].

По заявлению производителя, материал может применяться при строительстве и реконструкции временных и подъездных, а также автомобильных дорог, автомагистралей, автомобильных стоянок, железнодорожных путей, различных типов дренажей, вертикальных дрен, дамб, насыпей, запруд, для ландшафтных работ, при защите от эрозии почв береговых склонов и пойм рек.

Тураг® SF (тайпар SF) обеспечивает эффективную фильтрационную систему, создавая природный почвенный фильтр. Поскольку вода проходит из почвы через этот материал в дренаж, то изначально происходит намывание мелких частиц, образующее уплотненную структуру почвы. В результате этого процесса в смежном с тайпар SF слое грунта формируется природный почвенный фильтр. Такая комбинация геотекстиля и природного почвенного фильтра немедленно останавливает грязевой поток и обеспечивает стабильные во времени условия фильтрования [2].

При применении материала в какой-либо области строительства необходимо иметь в виду, что фирма, предоставляющая данные по своему материалу на сайте, оговаривает, что она не преследует своей целью воспрепятствовать какому-либо рода испытаниям, которые необходимы для определения возможности применения наших продуктов для конкретных целей.

Исходя из сказанного, на базе кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы ДВФУ был проведен ряд экспериментов с материалом Тураг® 200 на фильтрационном приборе



Зависимость водопроницаемости материала Тураг (тайпар) от температуры фильтруемой воды

СОЮЗДОРНИИ ПКФ для определения изотропности и водопроницаемости при различных температурных условиях (от 4,3 до 20 °С).

Проверка изотропности и водопроницаемости материала была осуществлена посредством определения его фильтрационной способности.

При этом материал размещался различными сторонами (исключая продольное направление, так как толщина составляет 0,6 мм) к направлению фильтрования в приборе. Температура воздуха в помещении и фильтруемой воды в ходе экспериментов изменялась в диапазоне от 4,6 до 20 °С.

Результаты экспериментов, представленные на рисунке, выявили следующие особенности материала тайпар:

- водопроницаемость оказалась различной в зависимости от направления фильтрования, что говорит о неізотропности материала с точки зрения водопроницаемости;
- в зависимости от стороны расположения материала по отношению к направлению фильтрации воды изменение расхода фильтрационного потока при одинаковой температуре составляет 5...43%.
- при изменении температуры воды от 4,3 до 20 °С наблюдается значительное изменение водопроницаемости практически в 2 раза по стороне 1 и в 1,5 раза по стороне 2.

Такие изменения фильтрационной способности материала можно объяснить изменением вязкости воды при изменении ее температуры.

Полученные экспериментальные данные являются актуальными при использовании материала тайпар в проектах ландшафтов на тощих грунтах, дренажей фундаментных стен, дренажных систем из перфорированных труб, мягких дренажей, систем стоков, искусственных пляжей водоемов, так как в течение года температура грунтовых вод изменяется от 0 до 20 °С в зависимости от источника ее формирования (дождевые и талые воды, подземный сток, инфильтрация из водоемов и каналов, утечки из систем водоснабжения, канализации и отопления и др.).

Исходя из сказанного, при проектировании и строительстве необходимо уточнять водопроницаемость и изотропность применяемого фильтрующего материала типа тайпар в зависимости от объектов строительства и температурного режима подземных вод, так как в большинстве случаев фирма-производитель дает лишь примерные характеристики материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53225-2008. Материалы геотекстильные. Термины и определения. М.: Стандартинформ. 15 с.
2. DuPont. URL: www.typargeo.com (дата обращения: 12.05.2012).



УДК 691.5

А.В. Козин, В.Т. Гуляев

КОЗИН Андрей Владимирович – ассистент кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: prosek@mail.ru, ГУЛЯЕВ Владимир Трофимович – кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: gvt51@mail.ru

© Козин А.В., Гуляев В.Т., 2012

Влияние временного фактора на физико-механические свойства портландцемента



Рассмотрен временной фактор, влияющий на свойства портландцемента на примере одного завода-производителя. Представлены примеры основных свойств, изменяющих технологические свойства бетонов и растворов. Приведены результаты исследования основных свойств портландцемента с усредненными показателями. Даны рекомендации по применению портландцемента с учетом изменения его свойств во времени.

Ключевые слова: цемент, основные свойства, активность.

Effect of time factor in physical and mechanical properties of portland cement. Andrey V. Kozin, Vladimir T. Gulyaev – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

In this paper the time factor, which influences the properties of portland cement as an example of a factory of the manufacturer. Examples of the basic properties that modify the technological properties of concrete and solutions. The results of the study the basic properties of Portland cement with the averages. Recommendations on the use of portland cement, taking into account changes in its properties over time.

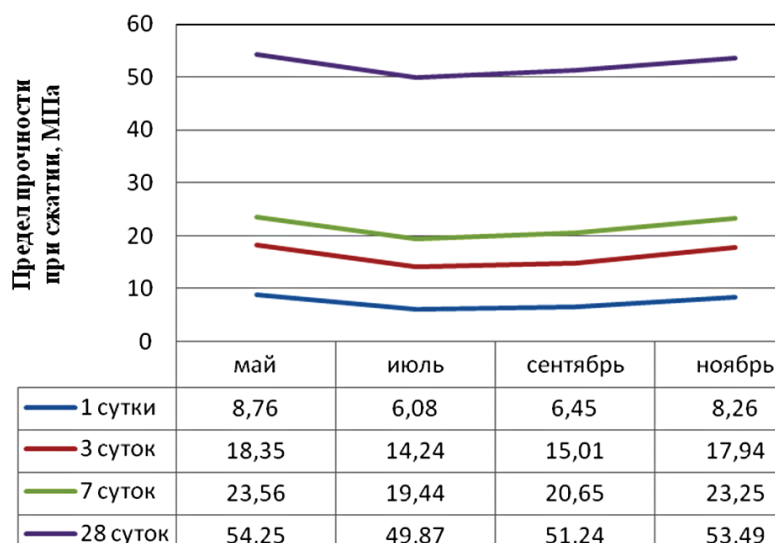
Key words: cement, the basic properties, activity.

Портландцемент – гидравлическое вяжущее вещество, в составе которого преобладают силикаты кальция (70–80%), после смешивания с водой (и предварительного затвердевания на воздухе) он продолжает сохранять и наращивать свою прочность в воде. Портландцемент получают тонким измельчением клинкера и гипса. Клинкер – продукт равномерного обжига до спекания однородной сырьевой смеси, состоящей из известняка и глины определенного состава, обеспечивающего преобладание силикатов кальция ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ и $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – 70–80 %).

В данное время в связи с саммитом АТЭС выпуск портландцемента на ОАО «Спасскцемент» (основной его поставщик) увеличился на порядок, что сказалось на его характеристиках. Рассмотрим основные свойства портландцемента на наиболее распространенной марке ПЦ 500-Д0.

Наиболее важный показатель портландцемента – его активность, или прочность, которая в разное время года различна (см. рисунок и таблицу). В теплый период набор его прочности уменьшается примерно на 25%. Это вызвано тем, что потребность в портландцементе в данное время года возрастает, и технологический процесс производства не выдерживается. Изменяются и все его другие основные физические свойства.

Сроки схватывания цемента определяют при испытании теста нормаль-



Изменение активности портландцемента во времени

ной густоты. По стандарту [1] начало схватывания портландцемента должно наступать не ранее 45 мин, а конец – не позднее 10 ч от начала затворения. Скорость схватывания цемента зависит от ряда факторов [2]. Большое значение имеет его минералогический состав, в особенности содержание трехкальциевого алюмината, который ускоряет схватывание. Степень обжига цементного клинкера также влияет на скорость схватывания. Сильно обожженный цемент схватывается медленнее, а слабо обожженный – быстрее, чем цемент нормального обжига. С увеличением тонкости помола ускоряется схватывание цемента вследствие большей удельной поверхности цементного порошка. Повышенное количество воды при затворении цемента замедляет его схватывание, а уменьшенное – ускоряет. Магазилирование клинкера и силосование цемента замедляют схватывание, так как при хранении цемент реагирует с влагой и углекислым газом воздуха, в результате чего зерна цемента покрываются оболочкой, состоящей из углекислого кальция и других новообразований, а это затрудняет взаимодействие цемента с водой при затворении.

Серьезное значение имеет нагревание цемента при помоле, так как вследствие развивающейся при этом температуры гипс в той или иной степени переходит из двухводного в полуводный, т.е. в модификацию, значительно более растворимую в воде, что изменяет условия твердения цемента.

Изменение физических свойств цемента в зависимости от времени года

№ п/п	Время отбора проб (месяц)	Сроки схватывания, ч–мин		В/Ц
		начало	конец	
1	2	3	4	5
1	Май	3–20	4–20	27,50
2	Июль	3–30	4–40	28,50
3	Сентябрь	3–20	4–10	28,75
4	Ноябрь	3–10	4–00	27,50

Нормальная густота цементного теста характеризуется количеством воды затворения, выраженным в процентах от массы цемента. Вода, добавляемая к цементу при затворении, необходима для нормального течения химических процессов, происходящих при твердении цемента, а также для придания свежеприготовленному раствору или бетону подвижности (эластичности, текучести), что обеспечивает плотность его укладки в форму или опалубку. Количество воды, необходимое для получения удобообрабатываемого раствора или бетона, значительно превосходит нужное для реакций гидратации и гидролиза. Этот избыток воды, который остается в затвердевшем цементном камне, снижает его прочность и вызывает усадочные деформации при воздушном хранении. Поэтому чем меньше водопотребность, т.е. количество воды, необходимое для получения раствора или бетона заданной подвижности, тем выше качество цемента.

Водопотребность цемента сравнительно невелика. Для получения теста нормальной густоты требуется 21–27% воды [1]. Из цементных составляющих наибольшей водопотребностью обладает трехкальциевый алюминат, а наименьшей – двухкальциевый силикат [3]. Вследствие чего в зависимости от времени года стоит вносить корректировки по количеству портландцемента в бетонах и растворах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1987. 8 с.
2. Ступаченко П.П., Ефименко Ю.В., Цуприк В.Г. Структура, свойства и долговечность материалов на основе минеральных вяжущих. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1992. 144 с.
3. Ступаченко П.П. Строительные материалы в условиях Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1986. 252 с.



УДК 691.223

В.Т. Гуляев, С.В. Ганик

ГУЛЯЕВ Владимир Трофимович – кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ГАНИК Сергей Владимирович – ассистент кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: ano-pro@mail.ru

© Гуляев В.Т., Ганик С.В., 2012

Влияние технологических параметров приготовления пенобетона на его свойства



Исследованы технологические параметры приготовления пенобетона, к которым относят: время перемешивания смеси, размеры, конфигурацию, положение и скорость вращения лопастей пенобетономешалки. Определены конструкции лопастей мешалки и выявлено оптимальное время перемешивания бетонной смеси для изменения средней плотности пенобетона.

Ключевые слова: свойства пенобетона, время, размеры, конфигурация, скорость, широкий поиск, решения задачи.

Influence of technological parameters foam concrete on its properties. Vladimir T. Gulyaev, Sergei V. Ganike (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

The properties of foam affect: time stirring the mixture, the size, shape, position and speed of the blades without penobetonomeshalki of foam concrete mix. In this perspective, the problem is a broad search, and go different ways of dealing with this problem, for which we obtain different results.

Key words: foam properties, time, size, shape, speed, extensive search, solving the problem.

На свойства пенобетона влияют такие показатели, как состав пенобетонной смеси и технологические параметры приготовления пенобетона.

К составу пенобетонной смеси относят: вид пенообразователя, марку цемента, вид добавки, количество добавок.

К технологическим параметрам относят: время перемешивания смеси, размеры, конфигурацию, положение и скорость вращения лопастей пенобетономешалки [2].

Для определения оптимальной конструкции лопасти пенобетономешалки применяются в основном три вида лопастей. Для каждого производится по одному замесу при одинаковых составах смеси и времени перемешивания.

По результатам испытаний выбираются лопасти, которые дают наименьшую среднюю плотность бетонной смеси.

Для определения оптимального времени перемешивания бетонной смеси измеряется ее средняя плотность и увеличение объема после каждого перемешивания, а затем после отверждения определяется прочность пенобетона.

Результаты опыта представлены в таблице.

Влияние времени перемешивания смеси на свойства пенобетона

Свойства пенобетонной смеси	Время перемешивания, мин					
	2,5	3	3,5	4,5	5	5,5
Увеличение объема смеси, %	30	35	44	52	71	60
Средняя плотность, кг/м ³	1341	1312	1166	1137	980	1010

По результатам испытаний принимаем оптимальное время перемешивания $t=5$ мин.

Теперь для дальнейшего снижения средней плотности пенобетона возможно подбирать количество пенообразователя и воды при достижении заданной прочности бетона [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мартыненко В.А. Ячеистые и поризованные легкие бетоны. Днепропетровск: Пороги, 2002. 172 с.
2. Ружинский С., Портник А., Савиных А. Все о пенобетоне. Изд. 2-е, улучшенное и дополненное. СПб.: Строй-Бетон, 2006. 632 с.: ил.



УДК 691.223

В.Т. Гуляев, С.В. Ганик

ГУЛЯЕВ Владимир Трофимович – кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ГАНИК Сергей Владимирович – ассистент кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: ano-pro@mail.ru
©Гуляев В.Т., Ганик С.В., 2012

Влияние качества песка на свойства пенобетона



Выполнен анализ качества песка по соотношению зерен разных фракций. Приведен график зависимости модуля крупности песка и прочности пенобетона. Проанализированы участки добычи песка на территории Приморского края по модулю крупности и дана их характеристика.

Ключевые слова: качество песка, модуль крупности, загрязнение, органические примеси, кислоты.

Influence the quality of sand on the properties of foam. Vladimir T. Gulyaev, Sergei V. Ganike (School of Engineering, Far Eastern Federal University, Vladivostok).

To determine the effect of the quality of sand on the properties of the foam is necessary to consider its properties – is the ratio of grains of different factions, called the module size – Mach, pollution alloy ultrafine particles – dust, mud or clay, the absence of organic impurities and particularly humic acids, harmful impurities – sulfur and sulfuric compounds, mica, amorphous silica modification. Based on this it is necessary to find such areas of sand mining on the territory of Primorsky Krai, to improve the quality of foam.
Key words: quality of sand, the module size, contamination, organic matter, acids.

В связи с бурным развитием строительного производства появилось множество строительных материалов, одним из которых является пенобетон. Пенобетон обладает различными физико-механическими характеристиками, простотой производства, дешевизной, сравнительно небольшой массой блоков. Благодаря этому он стал широко применяться в строительстве.

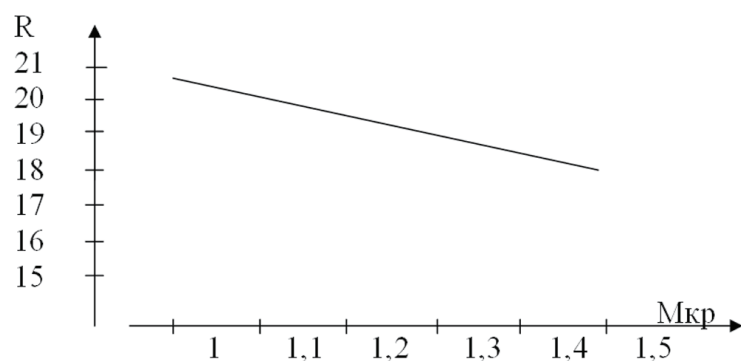
В настоящее время существуют различные виды сырья для производства пенобетона. В основном используют следующие компоненты: цемент, песок, вода, пенообразующие и минеральные добавки. Для достижения необходимой прочности важно применять качественные компоненты. Даже при использовании одного некачественного заполнителя приводит к снижению прочности пенобетона.

Один из важных компонентов – это песок. Для определения качества песка служит такой показатель, как соотношение зерен разных фракций [2], называемый модулем крупности – Мкр. При производстве пенобетона используется мелкий и очень мелкий песок. Влияние Мкр песка показано на рисунке.

Как видно из графика, при уменьшении Мкр песка и постоянном составе остальных компонентов пенобетона прочность увеличивается.

На территории Приморского края существуют участки добычи песка с различными характеристиками (см. таблицу).

Согласно требованиям ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ. Технические условия», в мелком



Зависимость прочности пенобетона от Мкр песка

песке содержание пылевидных и глинистых частиц не должно превышать более 5% по массе песка.

Из таблицы следует, что не все пески Приморского края пригодны для использования при производстве пенобетона.

Следовательно, определяющим фактором является различное содержание глинистых и пылевидных частиц в песке, которое оказывает большое влияние на прочность сцепления зерен заполнителя с цементным камнем. Оно должно быть минимальным.

Пески Приморского края

Место добычи песка	Остатки на ситах, %	Гранулометрический состав						Модуль крупности	Содержание пылевидных и глинистых частиц, %
		Размеры сит, мм							
		2,5	12,5	0,63	0,315	0,16	<0,16		
п. Новошахтинск, ЗАО «Кварц», участок № 1	Частные	1	1,5	12,5	44,7	37,2	3,1	1,6	1
п. Новошахтинск, ЗАО «Кварц», участок № 2	Частные	-	1,2	10,2	58,6	28	2	1,8	1
п. Раздольное, «Гидрокомплекс»	Частные	1,6	1,8	14,0	50,0	27,3	5,3	1,85	1,5
п. Раздольное	Частные	2,4	1,8	2	22,7	54,7	16,4	1,25	9
п. Кипарисово	Частные	1,6	1,5	1,7	22,6	7	65,6	0,71	12

Применение мелкого заполнителя при производстве пенобетонных изделий без учета его физико-технических свойств ведет, во-первых, к ухудшению таких эксплуатационных свойств изделий, как морозостойкость, прочность, водопоглощение, во-вторых – к неоправданному увеличению расхода цемента.

Все природные пески загрязнены примесями ультрамелких частиц – пылевидных, илистых или глинистых. Карьерный песок к тому же обязательно имеет в своем составе и включения глины – так называемая глина в комках. Глинистые частицы способны даже в малых количествах значительно снизить прочность изделий.

Очень важно, чтобы в песке отсутствовали органические примеси и особенно гуминовые кислоты. Они являются очень сильными замедлителями схватывания и твердения цемента.

Глинистые примеси, обволакивая зерна заполнителя, препятствуют сцеплению цементного камня с заполнителем и тем самым снижают прочность бетона.

Если учесть, что из условий обеспечения максимальной прочности каждая частичка заполнителя должна быть покрыта оболочкой цементного клея, получается, что на «обволакивание» ультрамелких частиц требуется гораздо больше цемента, чем на крупные частицы, занимающие аналогичный объем. Всего несколько процентов глины в песке бесполезно «нейтрализуют» на свое склеивание столько же цемента, сколько и весь оставшийся песок.

Кроме того, глинистые примеси существуют и в форме тончайших пленок, обволакивающих зерна песка. Такая прослойка существенно, на 30–50%, снижает прочность сцепления (адгезию) заполнителей с цементным камнем.

Иногда в песке присутствуют и иные вредные примеси – сернистые и сернокислые соединения, слюда, аморфные модификации кремнезема. Последние вообще очень опасны для пенобетонов, т.к. они способны вступать в прямую химическую реакцию со щелочами и образовывать вещества, вызывающие растрескивание цементной матрицы. Ситуацию усугубляет и то, что именно пенобетонная технология по сути способствует привнесению щелочей извне – с тонкомолотыми высокомарочными цементами, пенообразователями, ускорителями и пластификаторами [1].

Использование песка, не отвечающего этим требованиям, допускается только после получения положительных результатов проверки его характеристик и долговечности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Ю.М. Технология бетона: учеб. пособие. М.: Стройиздат, 1987. 209 с.
2. Ружинский С., Портник А., Савиных А. Все о пенобетоне. СПб.: Строй-Бетон, 2006. 632 с.; ил.



УДК 69

Ю.В. Ефименко, И.Н. Некипелов, В.В. Ярёмич

ЕФИМЕНКО Юрий Васильевич – старший научный сотрудник (ДальНИИС РААСН, Владивосток),
НЕКИПЕЛОВ Игорь Николаевич – старший научный сотрудник (ДальНИИС РААСН, Владивосток),
ЯРЕМИЧ Вадим Васильевич – научный сотрудник (ДальНИИС РААСН, Владивосток).

© Ефименко Ю.В., Некипелов И.Н., Ярёмич В.В., 2012

Изменение электропроводности бетона и гидратации цемента при замораживании



Определены и объяснены различия в динамике электропроводности цементно-песчаного раствора без добавок и с добавкой нитрита натрия при замораживании и твердении при температуре минус 11 °С.
Ключевые слова: цементно-песчаный раствор, вода, нитрит натрия, электропроводность, гидратация цемента, льдообразование.

The change of electrical conductivity of concrete and hydration of cement during the freezing. Yuriy V. Efimenko, Igor N. Nekipelov, Vadim V. Yaryomich – DalNIIS RAASN (Vladivostok).

Differences in the dynamics of electrical conductivity of the sand-cement mortar without additives and with addition of sodium nitrite revealed in the course of freezing and solidifying at -11 °C are explained.

Key words: sand-cement mortar, water, sodium nitrite, electrical conductivity, hydration of cement, ice formation.

Электропроводность (ЭП) или ее обратная величина – удельное сопротивление (УС) как фактор омического ограничения коррозии арматуры бетона (Б) определяется его составом, видом заполнителя, химическими и минеральными добавками, условиями твердения и его влагонасыщенностью. Динамика ЭП при твердении бетона определяется В/Ц, тепловой зрелостью и пуццоланической реакцией аморфизованных компонентов в составе минеральных добавок.

Изменение ЭП замерзающего Б подчиняется основным положениям теорий геохимии, мерзлотоведения грунтов и горных пород и морозостойкости Б. Замораживание Б является длительным и нестационарным процессом, связанным с инерционностью фазовых преобразований замерзающей жидкой фазы и ее перераспределения в порах.

Повышение удельного электросопротивления (УС) бетона водного затвердения при замораживании происходит в результате образования непроводящих ледяных включений, что вызывает уменьшение эффективного сечения пор, снижение подвижности ионов и увеличение извилистости токопроводящих каналов. Образование различных типов криогенной структуры льда в замерзающей жидкой фазе определяется ее ионным составом, распределением влаги в порах и усложнено мембранными явлениями в цементной матрице.

Изменение УС зрелого бетона при динамическом ($dt/dt \neq 0$) замораживании зависит в большей мере от теплофизических свойств Б, толщины и модуля поверхности конструкции, а при изотермическом ($t = \text{const}$) вымораживании – от состава и состояния поровой структуры Б.

«Площадка» льдообразования в Б фиксируется при температуре 0...0,5 °С только при изотермическом замораживании по резкому (десятки–сотни раз) скачкообразному повышению УС и не имеет изломов при иногда упоминаемых значениях температуры от -6 до -12 °С.

Определено, что у свежизготовленного и сразу же замороженного при -11 °С цементного материала (ЦМ) процессы гидратации резко снижаются, но не останавливаются, о чем свидетельствует непрерывное очень слабое (около 0,3–0,5%/сут) повышение УС за период от 1 до 30 сут.

Термогравиметрическим фазовым анализом (ТГА) установлено, что в замороженном при -11 °С цементном материале в течение первых 3–4 сут вначале проходит «гипсовая» реакция восстановления бассанита $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$ (часто присутствующего в гипсовом компоненте цемента) до его стабильной формы $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Затем, спустя 10–14 сут, начинаются обычные (но очень медленные) реакции клинкерных минералов с образованием $\text{C}_x\text{S}_y\text{H}_z$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и AFt (без AFm) на уровне 10–15% от эквивалентного срока нормально (+20 °С) твердеющего ЦМ.

К периоду 500 сут по степени гидратации (интервальная потеря массы при ТГА в диапазоне 20–450 °С) ЦМ, замороженный при -10 °С, соответствует ЦМ с нормальной (+20 °С) температурой в возрасте 0,5–1 сут.

На рис. 1–3 проиллюстрировано различие в динамике температуры и удельного электросопротивления (УС) цементно-песчаного раствора (ЦПР) 1:3 на обычной воде (без добавки – б/д) и на основе типичной противоморозной добавки NaNO_2 (НН) с концентрацией 21%, обеспечивающей (по Раулю) понижение температуры замерзания до -10,7 °С. Трехгнездовые формы 4 x 4 x 16 см с ЦПР в полиэтиленовых пакетах помещены в морозильную камеру через 10–15 мин после изготовления.

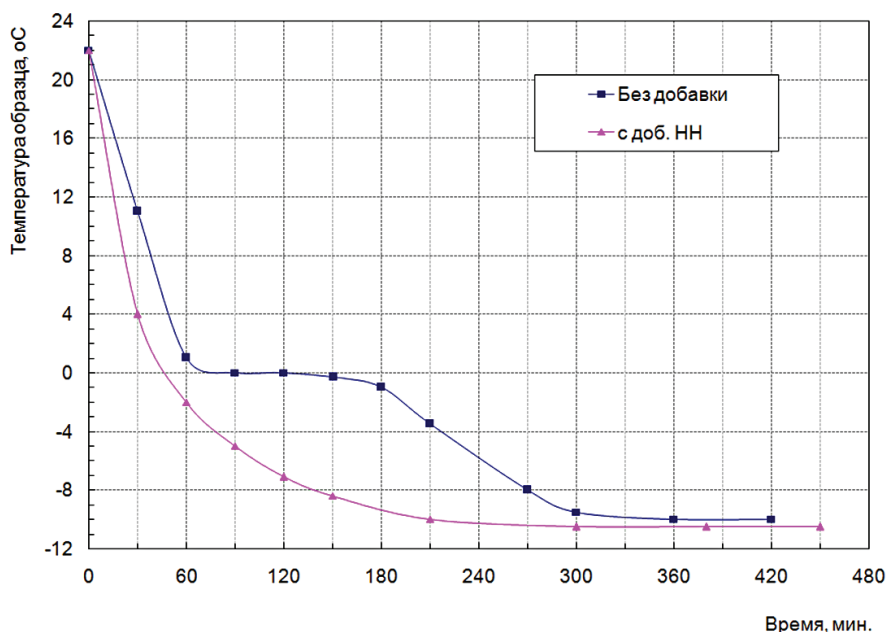


Рис. 1. Кинетика замерзания ЦПР в зависимости от добавки

Температура. Для ЦПР б/д температура снижается, достигая через 60 мин значения $0 \pm 0,5$ °С, и временно (на 3 ч: период льдообразования на фоне тепловыделения при кристаллизации льда) стабилизируется (рис. 1). Затем, после полного «вымораживания», температура ЦПР продолжает снижаться до значения температуры внешней среды (-11 °С).

У ЦПР НН температура непрерывно снижается (без изломов и площадок), асимптотически приближаясь к -11 °С. У образца ЦПР НН минимальное значение температуры достигается на 1,5 ч раньше в сравнении с ЦПР б/д.

Удельное электросопротивление. Величина β у ЦПР б/д мало изменяется в течение 90–100 мин, но затем начинает резко (в разы) возрастать, хотя температура ЦПР б/д остается на уровне 0 °С (рис. 2). Это свидетельствует о начале интенсивного льдообразования в замерзающей поровой жидкости ЦПР б/д. За период 150–300 мин в этом образце наблюдается скачкообразное (в 2000 раз) повышение УС. Окончательное значение относительного УС $\beta = 2300$ отн. ед. фиксируется к периоду 360–480 мин: поровая жидкость практически вымерзает.

Дальнейшие измерения (рис. 3) в период до 30 сут показали наличие очень слабого (около 0,4–0,6%/сут) тренда повышения УС.

Это явление малозаметного слабого нарастания УС в период 1–30 сут замороженного при -11 °С ЦПР б/д обусловлено, на наш взгляд, очень низкой продолжающейся гидратацией цемента в среде остатка незамерзшей (в количестве 1,5–2% от начального водосодержания воды) сульфато-щелочной «эвтектики», содержащей ионы (мм/л): $\text{Ca}^{2+}=50\text{--}55$, $\text{OH}^-=80\text{--}82$, $\text{R}^+=60\text{--}65$, $\text{SO}_4^{2-}=100\text{--}120$.

ЦПР НН: для этого ЦПР на основе незамерзающего до -11 °С электролита NaNO_2 не выявлено резкого (в сотни раз) скачка УС (льдообразование отсутствует), а определено монотонное (с периода 30–60 мин) повышение УС, вызванное снижением пористости ЦПР в результате возникновения гидратных новообразований при взаимодействии цемента с водой в присутствии NaNO_2 . При этом, по данным термогравиметрического анализа, наряду с обычными гидратными новообразованиями «водного» происхождения на термоаналитических спектрах фиксируются эффекты, относящиеся, вероятно, к продуктам взаимодействия NaNO_2 с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, и с алюминатными фазами типа C_3AH_n и AF_m и остатков $\text{NaNO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

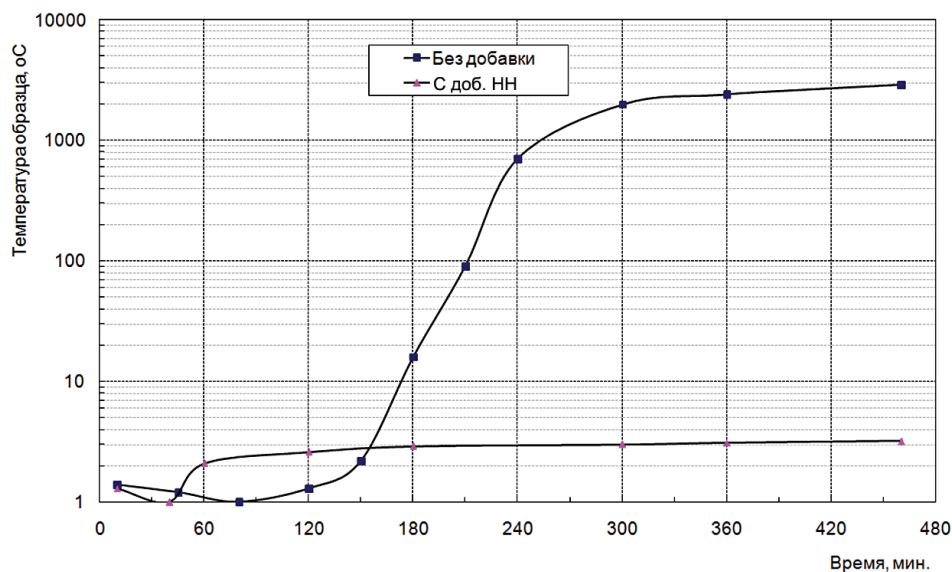
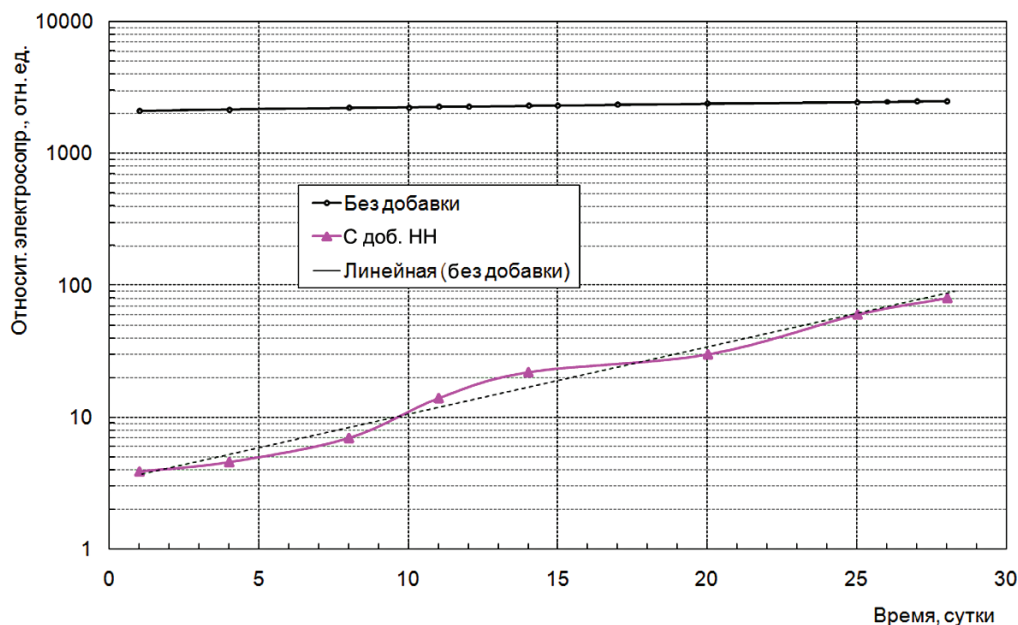


Рис. 2. Кинетика электросопротивления ЦПР в процессе замораживания

Рис. 3. Кинетика электросопротивления ЦПР при хранении при температуре $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Относительное электросопротивление $\beta = \rho_t / \rho_{min}$ отн. ед., где ρ_t – текущее, а ρ_{min} – минимальное (в момент схватывания) удельное электросопротивление, Ом*см.

В расчетах от $+23$ до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ значения ρ нормированы к $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\alpha = 0,025$ град $^{-1}$).

ЦПР б/д (вода): $\rho_{min} = 490$ Ом*см;

ЦПР НН (NaNO_2): $\rho_{min} = 62,6$ Ом*см

Скорость повышения УС ЦПР НН (по $\partial\beta / \partial\tau$) починается основным закономерностям скорости гидратации и твердения цементов: имеет высокое значение $\partial\beta / \partial\tau \approx 150\%/сут$ в начальный ($\tau=1-8$ ч) период интенсивной гидратации цемента и снижается в 8–9 раз до значения $\partial\beta / \partial\tau = 16-20\%/сут$ в период 1–30 сут.

Нормальное прохождение гидратации цемента в ЦПР НН при $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ подтверждено полученными нормальными значениями прочности ($R=15$ МПа) и часового водопоглощения ($W_1=8\%$) в сравнении с резко ухудшенными показателями ЦПР б/д по прочности $R=1,5-1,7$ МПа и поровой структуры $W_1 = 8\%$.



УДК 621.9.01: 658.512

Г.А. Лаврушин, Е.Г. Лаврушина, О.С. Блинова, М.В. Плаксин

ЛАВРУШИН Геннадий Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологий промышленного производства Инженерной школы, ЛАВРУШИНА Елена Геннадьевна – старший преподаватель кафедры бизнес-информатики и математических методов в экономике Школы экономики и менеджмента (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), БЛИНОВА Ольга Сергеевна – аспирант, ассистент кафедры прикладной механики и математического моделирования Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ПЛАКСИН Максим Владимирович – аспирант, Инженерная школа (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: vevbq@mail.ru,

© Лаврушин Г.А., Лаврушина Е.Г., Блинова О.А., Плаксин М.В., 2012

Экспериментальное определение трещиностойкости дорожного покрытия



Приведено экспериментальное исследование реального дорожного покрытия, вырезанного на разных расстояниях от обочины дороги в сторону ее средней части, на трещиностойкость и прочность путем применения стандартного метода в соответствии с рекомендациями ГОСТ 29167-91. Проведен анализ динамики коэффициента интенсивности напряжений K_{Ic} и E по мере удаления к средней части дороги от обочины.

Ключевые слова: дорожное покрытие, трещиностойкость, прочность, коэффициент интенсивности, изгиб, деформация.

Experimental determination of crack resistance of road coating. Elena G. Lavrushina, – School of Economics and Management, Gennadiy A. Lavrushin, Olga S. Blinova, Maxim V. Plaksin, Dmitry S. Gneduk. – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

This article about is provides an experimental investigation of the real road surface, cut at different distances from the side of the road in the direction of its middle part, on the fracture toughness and strength by applying the standard method in accordance with the recommendations of the GOST 29167-91. The analysis of the dynamics of the stress intensity factor K_{Ic} and E as the distance to the Central part of the road from the curb.

Key words: road surface, crack resistance, durability, intensity coefficient, bending and deformation.

Критическое значение коэффициента интенсивности напряжений K_{Ic} может быть определено экспериментально с использованием стандартного метода в соответствии с рекомендациями ГОСТ 29167-91. Образцы вырезались непосредственно из дорожного полотна, начиная от обочины до середины дороги. Призмы прямоугольного сечения с начальным надрезом испытывались по схеме трехточечного изгиба – тип 1, представленный на рис. 1.

Для данного испытания изготовлена партия из 4 образцов-призм. Геометрические размеры образцов приведены в табл. 1.

Испытания образцов производились на стандартном гидравлическом прессе с применением испытательного оборудования, рекомендуемого ГОСТ 10180-90 для определения прочности асфальтобетона на растяжение при изгибе. При испытаниях образцы нагружались непрерывно вплоть до их разделения на части с фиксацией значения разрушающего усилия F_c .

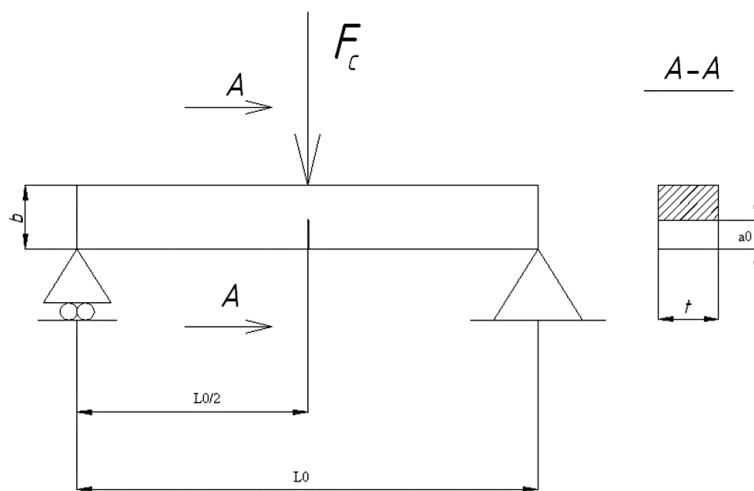


Рис. 1. Схема испытания образцов асфальтобетона на растяжение при изгибе

Таблица 1

Геометрические размеры образцов, м

Длина	Высота	Ширина	Длина начального надреза
L_0	b	t	a_0
0,120	0,0334	0,035	0,010
0,120	0,035	0,036	0,011
0,120	0,040	0,036	0,012
0,120	0,048	0,035	0,014

По результатам испытаний определялась характеристика трещиностойкости по формуле:

$$K_c = \frac{3F_c L_0}{2b^{1/2}t} \sqrt{a_0/b} (1,93 - 3,07\lambda + 14,53\lambda^2 - 25,14\lambda^3 + 25,8\lambda^4),$$

где K_c – критический коэффициент интенсивности напряжений, МПа*м^{0,5};

F_c – нагрузка, соответствующая динамическому началу движения магистральной трещины, Н;

a_0 – длина начального надреза;

L_0, b, t – геометрические параметры образца;

$\lambda = a_0/b$ – относительная длина начального надреза.

Полученные в результате испытания на изгиб фрагменты образцов использованы для определения прочности асфальтобетона на одноосное сжатие и установление значения модуля упругости E . Значение удельной поверхностной энергии γ асфальтобетона определяется по зависимостям:

$$\gamma = \frac{K_{1c}^2 (1 - \nu^2)}{2E} \text{ – для плоской деформации;}$$

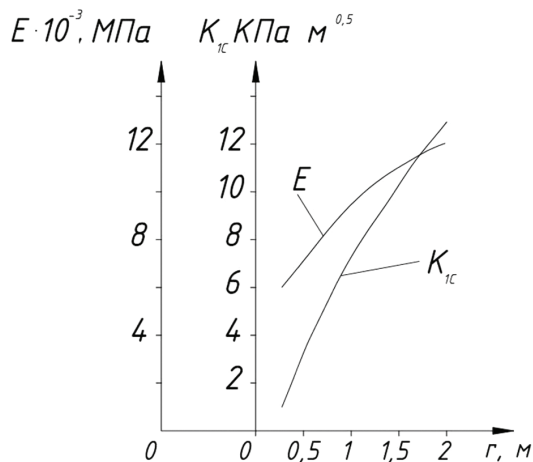
$$\gamma = \frac{K_{1c}^2}{2E} \text{ – для плоского напряжения.}$$

Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты экспериментального определения
коэффициента интенсивности напряжений асфальтобетонного покрытия**

№ образца	$F_c, \text{Н}$	$K_{1c}, \text{МПа} \cdot \text{м}^{0,5}$	$\gamma, \text{Н/м}$	$R_c, \text{МПа}$	$E, \text{МПа}$	$\sigma_{up}, \text{МПа}$
1	39,9	$1,139 \cdot 10^{-3}$	$0,93 \cdot 10^{-3}$	1,88	600	0,184
2	61,2	$1,833 \cdot 10^{-3}$	$2,24 \cdot 10^{-3}$	2,08	750	0,25
3	310	$8,055 \cdot 10^{-3}$	$33,1 \cdot 10^{-3}$	3,77	980	0,97
4	551	$1,39 \cdot 10^{-3}$	$80,5 \cdot 10^{-3}$	4,2	1200	1,23



Анализ экспериментальных исследований на трещиностойкость и прочность при изгибе образцов, вырезанных на разных расстояниях (0,25–2 м) от обочины дороги в сторону ее средней части, указывает на повышение их механических свойств, что связано с качественной укаткой асфальтобетона. На рис. 2 показана динамика изменения параметров K_{1c} и E по мере удаления к средней части дороги от ее обочины.

Рис. 2. Кривые изменения параметров K_{1c} и E по мере удаления к средней части дороги от обочины



УДК 621.9.01: 658.512

**Г.А. Лаврушин, Е.Г. Лаврушина, Л.А. Серебрякова,
О.С. Блинова, В.В. Овсянников, А.В. Проскуряков**

ЛАВРУШИН Геннадий Алексеевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологий промышленного производства Инженерной школы, ЛАВРУШИНА Елена Геннадьевна – старший преподаватель кафедры бизнес-информатики и математических методов в экономике Школы экономики и менеджмента (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), СЕРЕБРЯКОВА Людмила Алексеевна – доктор технических наук, профессор кафедры товароведения и экспертизы товаров Школы экономики и менеджмента (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), БЛИНОВА Ольга Сергеевна – аспирант, ассистент кафедры прикладной механики и математического моделирования Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: vevbq@mail.ru, ОВСЯННИКОВ Виктор Васильевич – кандидат технических наук, зам. начальника научно-организационного управления Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ПРОСКУРЯКОВ Александр Владимирович – аспирант Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).

© Лаврушин Г.А., Лаврушина Е.Г., Серебрякова Л.А., Блинова О.С., Овсянников В.В., Проскуряков А.В., 2012

Влияние уплотненных участков дорожного полотна на его деформационные процессы



Исследовано влияние уплотненных участков дорожного полотна на его деформационные процессы, в частности явление образования макротрещин. Описаны опыты на центральное осевое растяжение, позволяющие определить угловые деформации при различных нагрузках. Выявлена зависимость модуля сдвига от уровня напряжения для нетканого материала.

Ключевые слова: уплотненные участки, макротрещина, иглопробивные, нетканый материал, осевое растяжение, угловые деформации, сдвиг, сдвиговые деформации, касательное напряжение.

Influence of compacted areas of the roadway of the deformation processes. Elena G. Lavrushina, Lyudmila A. Serebryakova, – School of Economics and Management, Gennadiy A. Lavrushin, Olga S. Blinova, Victor V. Ovsyannikov, Aleksandr V. Proskuryakov – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok). This article about is investigates the impact of compacted areas of the roadway of the deformation processes. It is researched the phenomenon of education macro crack in the road. Put the experiments on the Central axial tension, allow you to determine the angular deformation under different loads. Dependence of the module shift from a voltage level for the non-woven material.

Key words: compacted areas, fibrebonded, non-woven material, axial tension, angle deformation shift, shear deformation, shear stress.

Дорожное полотно представляет собой неоднородное тело, состоящее из уплотненных (щебень) и разреженных (битум с песком или мелким щебнем) участков, величина которых меняется от 5 до 40 мм и более. При установлении прочностных и деформационных параметров материала наблюдается большой разброс. Для моделирования влияния уплотненных участков на напряженно-деформированное состояние (НДС) асфальтобетона были использованы иглопробивные нетканые материалы, структура которых представляет систему уплотненных и разреженных участков. По результатам опытных наблюдений было установлено, что щебень крупных размеров под воздействием силового давления от колес машин испытывает сложные деформации с вращательным движением. Аналогичные явления имеют место и в нетканых материалах. Это сходство явлений и послужило причиной выбора нетканых материалов как инструмента для изучения НДС среды дорожного полотна. В результате длительных наблюдений за колебательными движениями щебня отмечено, что они приводят к возникновению микротрещин, которые в конечном итоге приводят к образованию макротрещин.

Для исследования этого явления были поставлены опыты на центральное осевое растяжение образцов размером 300х600 мм. Образец подвергался осевому растяжению, равному 6,7; 14,2; 21,0 Н. Изменение сторон квадрата (уплотненного участка) и угловые деформации представлялись в относительных величинах.

Для определения угловых деформаций для разных нагрузок необходимо после деформирования наложить квадраты друг на друга, как это показано на рис. 1.

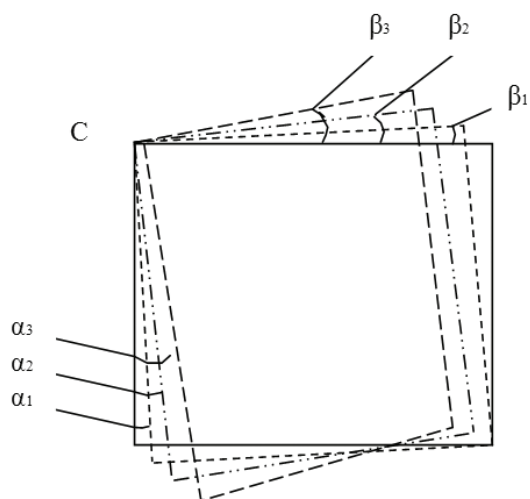


Рис. 1. Сдвиговые деформации элемента материала:

- Образец в нулевом положении
- - - - - Образец при нагрузке 6,7 Н
- · - · - · - Образец при нагрузке 14,00 Н
- - - - - Образец при нагрузке 21,00 Н

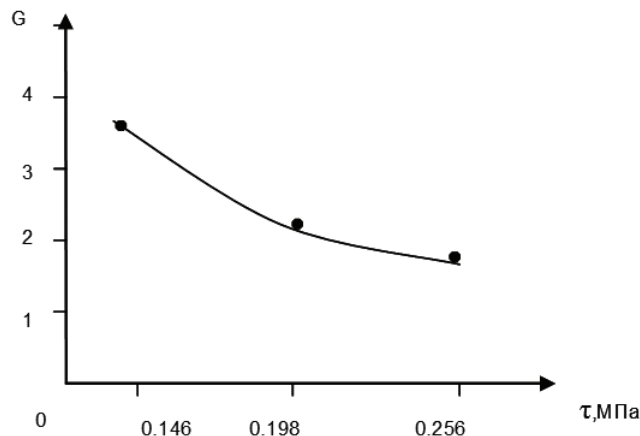


Рис. 2. Зависимость модуля сдвига от уровня напряжения для нетканого материала из капрона (100%)

В процессе осевого растяжения уплотненный участок материала подвергается воздействию деформации растяжения, сжатия и сдвига, определяемой разностью углов поворота сторон элементов материала, а также вращательному движению: $\varphi = \alpha - \beta$.

Эти явления обусловлены касательным напряжением τ , величину которых необходимо определить из опытов на чистый сдвиг образцов полотна (рис. 2).

По известным значениям модуля сдвига $G=3,75$ МПа и деформации сдвига величина касательного напряжения τ менялась от 0,0069 до 0,0148 МПа.

График изменения величины касательного напряжения от нормального напряжения показан на рис. 3.

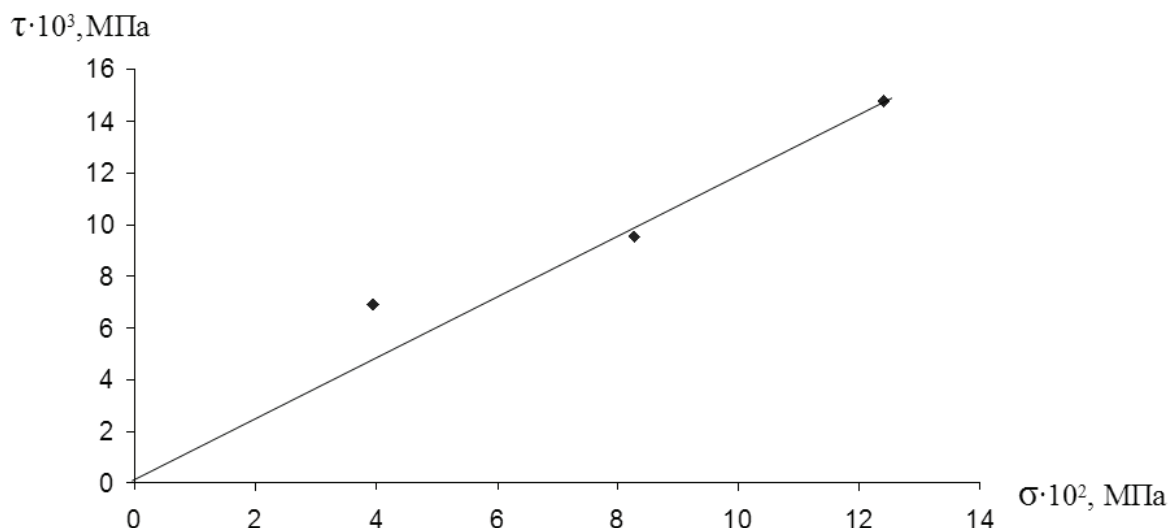


Рис. 3. Зависимость между касательным и нормальным напряжением при осевом растяжении

Связь между напряжениями τ и σ устанавливается через коэффициент k : $\tau = k\sigma$

Коэффициент k отражает особенности волокнистого состава и структуры материала. Полученные результаты свидетельствуют о сложности деформационного процесса нетканого материала, представляющего собой неоднородное тело. Эти результаты необходимо учитывать при проектировании и создании конструкций, применяемых в жилищном и дорожном строительстве.



УДК 621.512

В.П. Черненко, И.Д. Лихачев

ЧЕРНЕНКОВ Владимир Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: cvp_dv@mail.ru, ЛИХАЧЕВ Илья Дмитриевич – магистрант кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: likhachev_07@mail.ru

© Черненко В.П., Лихачев И.Д., 2012

Регулирование давления в тепловых сетях с помощью гидравлических турбин



Обосновывается использование мини-гидравлической турбины для демпфирования избыточного давления трубопроводов. Регулирование давления в системах теплоснабжения осуществляется за счет дросселирования напора на тепловых сетях.

Ключевые слова: гидротурбина, давление, дросселирование, напор, регулирующие клапаны, гидравлическое сопротивление.

Control the pressure in heating systems with hydraulic turbines. Vladimir P. Chernenkov, Ilya D. Likhachev – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

It is proposed the use of a mini hydraulic turbine for damping pressure pipelines. Regulation of pressure in the heating systems at the expense of throttling pressure on thermal networks.

Key words: turbine, pressure, choking, fall, control valves, hydraulic resistance.

Требуемый режим давления и потокораспределение в системах теплоснабжения в настоящее время поддерживается с помощью гидравлической автоматики, к которой относятся регуляторы давления и перепада давления, их работа основана на принципе дросселирования. Они применяются в системах теплоснабжения для поддержания давления или перепада давления на заданном уровне [1]. Процесс регулирования осуществляется за счет изменения проходного сечения между седлом и плунжером клапана при воздействии регулирующего органа. Дроссельные регулирующие клапаны различаются конструктивным исполнением плунжера и седла и выполняются в форме игольчатых, тарельчатых, плунжерных, двухседельчатых и шиберных.

Процесс дросселирования является необратимым процессом, сопровождающимся диссипацией энергии и потерей части располагаемой работы, причем чем больше дросселирование, тем больше потери работы [2], следовательно, дросселирование паров, газов и жидкостей в технологических процессах неэкономично. Если имеется возможность осуществить необходимое изменение параметров различными способами, включая дросселирование, то в каждом конкретном случае делают технико-экономическую оценку имеющихся способов и предпочтение отдают наиболее экономичному способу. Для термодинамической оценки процесса дросселирования рассмотрим поток в трубе с диафрагмой (дросселем) (рис. 1).

Сечение 1 и 2 трубы до и после дросселя одинаково – скорости тоже одинаковы: $w = w_1 = w_2$, процесс – адиабатный.

Тогда общее уравнение 1-го закона термодинамики для потока, а оно справедливо для любого потока (в том числе и для потока с трением):

$$dq = dh + wdw + dl' + gdz + dl'';$$

или для двух:

$$q_{12} = (h_2 - h_1) + (1/2)(w_2^2 - w_1^2) + l' + g(z_2 - z_1) + l'';$$

где h – напор; w – скорость течения жидкости; g – расход; l – совершаемая работа; превращается при заданных условиях 1-го и 2-го сечения в очень простое, но важное:

$$h_1 + w^2 = h_2 + w^2 \text{ или } h_1 = h_2,$$

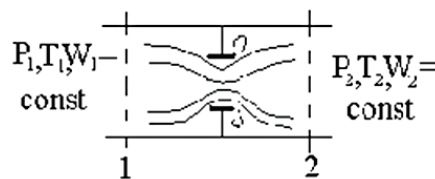


Рис. 1. Термодинамические характеристики дросселируемого потока

что показывает постоянство энтальпии и обратимого и необратимого горизонтального адиабатного потока малой скорости, не совершающего технической работы.

Из-за сужения (уменьшения сечения) w растет, кинетическая энергия растет, энтальпия падает, а поскольку общее уравнение 1-го закона термодинамики: $dq = dh - v dp$ при $dq = 0$ пишется как $dh = v dp$, то давление падает.

После диафрагмы поток завихряется, кинетическая энергия затрачивается на работу против сил трения слоев жидкости между собой, при этом выделяется тепло, оно целиком (так как процесс адиабатный) воспринимается потоком, его энтальпия возрастает, скорость потока падает.

Часть энергии необратимо теряется из-за природы почти всех протекающих процессов – они термодинамически необратимы, и диссипация энергии неизбежна. Например, необратимы затраты на преодоление гидравлического сопротивления потоков в аппаратах и трубопроводах. К системе подводится высокопотенциальная энергия, но в технологическом процессе образуется много низкопотенциальных потоков, работоспособность которых ниже исходных, несмотря на содержащееся в них такое же или даже несколько большее общее количество энергии.

Применение мини-гидравлической турбины для демпфирования избыточного давления трубопроводов позволит использовать энергию, затрачиваемую на преодоление силы сопротивления, снизить потери располагаемой работы [3]. Гидравлические турбины в этом случае соответствуют всем требованиям регулирования давления в тепловых сетях. Такая турбина выполняет функцию традиционно используемых дросселирующих устройств, на которых происходит потеря энергии рабочего потока [4]. Срабатываемый на гидротурбине перепад давления трансформируется в электрическую энергию, при этом обеспечивается заданный закон регулирования, соответствующий работе штатных дросселей.

Данные исследования проводятся на поверочной расходомерной установке «ДВГТУ – ЭСКО». На стенд установлено дополнительное оборудование, которое позволит учитывать перепад давления, срабатываемый на гидротурбине, и измерительные приборы для фиксации мощности и силы электрического тока. В качестве

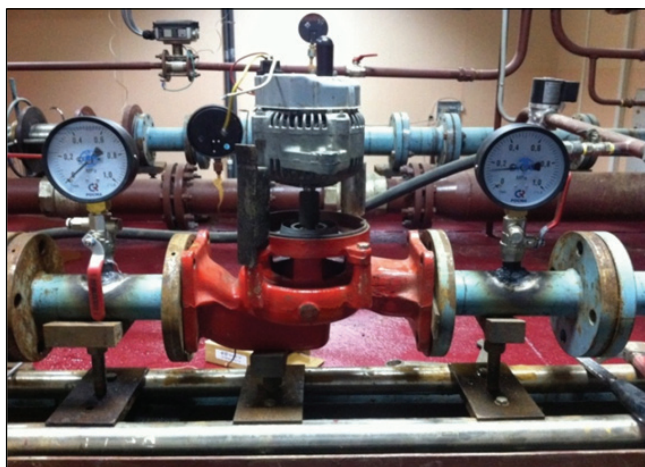


Рис. 2. Стенд испытаний

гидротурбины применяется центробежный насос, установленный против хода напора, условным диаметром 40 мм, соединенный с автомобильным генератором постоянного тока. Также используется оборудование для изменения нагрузки на генератор (рис. 2).

С помощью изменения нагрузки на генератор можно использовать данное устройство для регулировки тепловой сети: при большей нагрузке генератора происходит большой перепад давлений. Это позволит заменить дроссельные шайбы и ручные регуляторы давления на гидротурбину, что поможет более точно отрегулировать сеть. Система автоматизации в зависимости от погодных условий будет изменять нагрузку генератора и тем самым осуществлять регулирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волков А.В., Парыгин А.Г., Рыженков В.А., Щербakov С.Н. Получение электрической энергии в системах тепло- и водоснабжения на основе рекуперации избыточного магистрального давления // Новости теплоснабжения. 2007. № 10. С. 46–50.
2. Каганович Б.М., Кейко А.В., Шаманский В.А. Равновесное термодинамическое моделирование диссипативных макроскопических систем. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2007. 76 с.
3. Манюк В.И., Каплинский Я.И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: справочник. М.: Стройиздат, 1988. 432 с.
4. Проектирование, серийное изготовление и монтаж мини-ГЭС и микро-ГЭС. URL: <http://www.inset.ru/r/index.htm> (дата обращения: 10.05.2012)



УДК 006.91

В.П. Черненко, В.С. Ионов, Н.С. Румянцев, Г.А. Тимошенко

ЧЕРНЕНКОВ Владимир Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: svr@mail.ru, ИОНОВ Владимир Сергеевич, аспирант кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: ionov.vs@yandex.ru, РУМЯНЦЕВ Николай Сергеевич – кафедра инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ТИМОШЕНКО Галина Александровна – магистрант кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: galja.t@mail.ru.

© Черненко В.П., Ионов В.С., Румянцев Н.С., Тимошенко Г.А., 2012

Особенности работы тахометрических преобразователей расхода малых диаметров под влиянием пульсаций давления



Приведены результаты экспериментальных исследований влияния интенсивности пульсационного воздействия на измерительный механизм тахометрических преобразователей расхода. Исследования проводились на экспериментальном имитационном стенде, созданном на кафедре инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы Дальневосточного федерального университета в г. Владивостоке. Проанализированы причины возникновения пульсаций давления в современных системах учета количества теплоты и массы теплоносителя и способы снижения влияния пульсаций давления на метрологические характеристики тахометрических расходомеров.

Ключевые слова: преобразователь расхода, система учета, метрологические характеристики, пульсации давления, расходомер, относительная погрешность, измерительный механизм.

Features of minor diameter velocity flowmeter exploitation under the influence of pressure pulsations. Vladimir P. Chernenkov, Vladimir S. Ionov, Nikolau S. Rumyantsev, Galina A. Timoshenko – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

The paper presents results of experimental researches about the influence of flow pulsations intensity on the measuring engine tachometer flow transducers. The studies were conducted on an experimental stand of imitation, created in the department of engineering systems of buildings and structures of the Far Eastern Federal University in Vladivostok. Presented: the causes of pressure fluctuations in the current accounting systems the amount of heat and mass of the coolant and ways to reduce the influence of pressure fluctuations on the metrological characteristics of the tachometer meters.

Key words: flow transmitter, the accounting system, metrological characteristics, pulse pressure, flow, the relative error, the measuring mechanism.

Согласно статье 13 Федерального закона от 23 ноября 2009 г., № 261-ФЗ «Об энергосбережении...», необходимо производить учет энергетических ресурсов для достижения желаемого эффекта от энергосберегающих мероприятий, предусмотренных данным постановлением. Всесторонний учет энергоресурсов должен иметь положительный эффект не только в сфере их производства (точный контроль производимых энергоресурсов, определение потерь при транспортировке, своевременное обнаружение утечек), но и в сфере снабжения этими ресурсами потребителя. Это позволит осуществлять взаиморасчеты за действительно потребленный продукт, следовательно, снизит существующую в нашей стране напряженность в отношениях потребителя и поставщика энергоресурсов. Цель статьи – повышение надежности работы и улучшение метрологических характеристик тахометрических преобразователей расхода малых диаметров.

Основными ресурсами, потребляемыми в жилищно-коммунальном хозяйстве, являются тепловая энергия, электрическая энергия, горячая и холодная вода. Для целевого учета применяют электросчетчики, теплосчетчики (состоящие из тепловычислителя, комплекта датчиков температуры и давления, а также преобразователей расхода) и водосчетчики.

Широкое внедрение приборного контроля распределения и потребления является основным инструментом сбережения такого важного для жизнеобеспечения населенных пунктов и предприятий ресурса, как вода.

Практика использования различных типов расходомерных устройств и водосчетчиков показала, что соответствие реальных метрологических характеристик устройства указанным в паспорте во многом зависит от условий эксплуатации, а межповерочный интервал данных приборов далеко не всегда соответствуют заявленному производителем [2].

Данные приборы имеют непосредственный контакт с измеряемой средой (водой), следовательно, даже небольшие отклонения эксплуатационных условий от нормативных могут вызвать появление дополнительных погрешностей измерения. В результате работы расходомерных устройств в неблагоприятных условиях уже через несколько месяцев они имеют погрешность в показаниях, превышающую допустимую, и становятся метрологически ненадежными. Одним из факторов, оказывающих влияние на метрологические характеристики расходомерных устройств, может быть нестабильность потока теплоносителя, наличие пульсаций давления.

Пульсации давления могут возникать в сети магистральных трубопроводов, внутридомовых системах теплоснабжения благодаря присутствию большого количества гидравлических сопротивлений, запорно-регулирующей арматуры, гидравлических регуляторов расхода и давления и других элементов систем теплоснабжения. Также немаловажную роль в формировании пульсаций давления играют конструктивные особенности водоразборных устройств в периоды водопотребления.

Пульсации, возникающие по всем вышеперечисленным причинам, влияют на работу не только общедомовых, но и индивидуальных (поквартирных) приборов учета количества теплоносителя. Индивидуальными принято считать приборы с условным диаметром 15 мм. В качестве индивидуальных (поквартирных) приборов учета в России используются в основном тахометрические крыльчатые счетчики горячей и холодной воды. Опыт эксплуатации различных видов расходомерных устройств и водосчетчиков говорит о том, что тахометрические счетчики наименее надежны в существующих условиях эксплуатации систем теплоснабжения нашей страны [3].

Рассмотрим работу тахометрических счетчиков воды в реальных условиях эксплуатации. Принцип действия крыльчатого счетчика основан на измерении числа оборотов крыльчатки. Вращение крыльчатки через магнитную муфту передается масштабирующему редуктору отсчетного устройства, который переводит число оборотов крыльчатки к значению объема протекающей воды.

Потребность в холодной и горячей воде у потребителя возникает в произвольные моменты времени. В течение дня значения расхода воды не являются постоянными, вода включается потребителями десятки раз, в результате чего крыльчатка счетчика проходит множество циклов запуска и остановки. В переходный период работы прибора учета часть расхода, проходящего через измерительный участок при запуске и остановке крыльчатки, может не учитываться. В результате суммарное количество воды, зарегистрированное индивидуальными (поквартирными) приборами, не будет равно расходу, зарегистрированному общим домовым расходомером [1].

Пульсации давления, возникающие при открытии или закрытии современных смесительных устройств, создают дополнительные напряжения в механизме счетчика, что со временем значительно увеличивает погрешность измерений, метрологический отказ прибора учета происходит за период времени, гораздо меньший межповерочного интервала.

Итак, на основе сказанного выше, выделим виды пульсаций давления:

- 1) возникающие при многократном включении воды у потребителей;
- 2) вызванные большими местными сопротивлениями;
- 3) возникающие при работе гидравлических регуляторов, установленных в индивидуальных тепловых пунктах;
- 4) возникающие в магистральных трубопроводах системы теплоснабжения.

Решением данной проблемы может быть внесение поправочного коэффициента в показания приборов учета в зависимости от интенсивности его использования, т.е. от количества пульсаций давления, воспринятых крыльчаткой счетчика воды, и от их силы. Для этого необходимо провести исследования влияния пульсаций давления на метрологические характеристики приборов учета, выделить зависимость повышения погрешности измерения прибора учета от количества пульсаций давления. На данный момент достоверных статистических данных о влиянии пульсаций давления на показания тахометрических расходомеров нет.

На кафедре инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы ДВФУ был разработан научно-исследовательский стенд для проведения опытов с целью исследования влияния пульсаций давления на метрологические характеристики расходомерных устройств (см. схему).

Для представленной схемы стенда в качестве опытных образцов выбраны 10 счетчиков горячей воды из одной партии производителя условным диаметром 15 мм. Здесь обозначены трубы из полипропилена (что исключает возможность появления отложений), бак с водой объемом 150 л, мерный бак объемом 50 л, при помощи которого происходит поверка счетчиков воды. Обе емкости имеют изнутри покрытие, препятствующее появлению ржавчины. В схеме присутствует нормально открытый электромагнитный клапан, с его помощью создаются пульсации давления. Перед клапаном и после него установлены датчики давления,

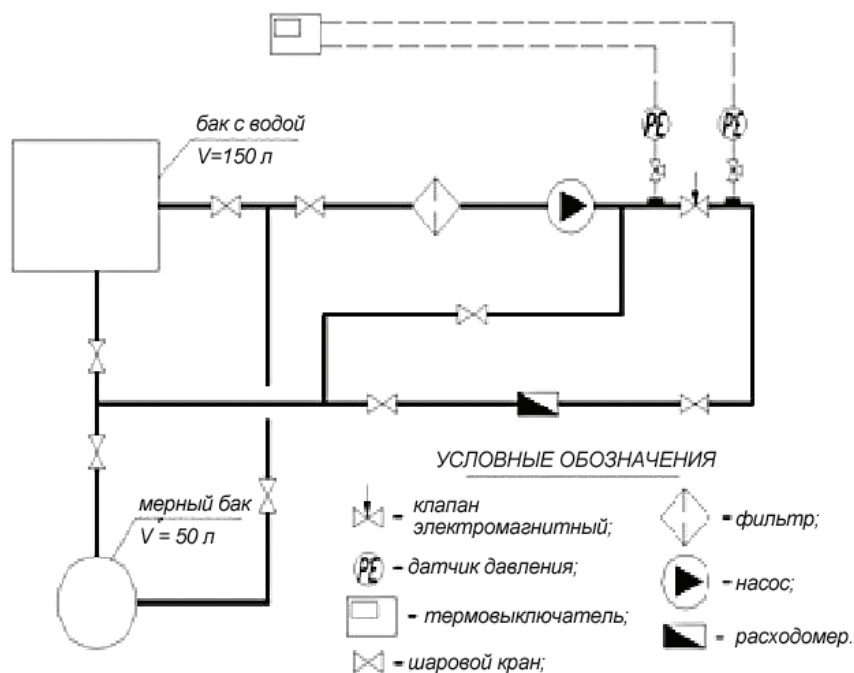


Схема научно-исследовательского стенда

подключенные к тепловычислителю. Измеряя перепад давления между показаниями обоих датчиков, мы получаем величину пульсаций давления, выраженную в Па. В опытах используется дистиллированная вода комнатной температуры с низким содержанием газообразной составляющей. Таким образом из опытов исключается влияние на погрешность (измерений счетчиков) отложений, растворенных в воде газообразных веществ, температурного фактора.

В режиме проведения эксперимента вода циркулирует по контуру: выходя из бака с водой, проходит через клапан, счетчики воды, и поступает обратно в бак с водой. При этом электромагнитный клапан посредством дистанционного устройства многократно закрывается и открывается, создавая пульсации давления, которые регистрирует тепловычислитель. В режиме поверки приборов учета вода из бака проходит через счетчики, наполняя мерный бак. Когда этот бак наполняется до определенного уровня, насос прекращает подачу воды. Показания счетчиков сравниваются с объемом воды, поступившим в мерный бак, вычисляется погрешность приборов учета.

Результатом данных исследований будет зависимость изменения погрешности прибора учета от прошедших через измерительный участок пульсаций давления. Из полученных зависимостей можно выделить поправочный коэффициент, учитывающий влияние пульсаций давления на погрешность приборов учета. Однако для более полной картины необходимо также исследовать влияние различных типов конструкций смесительных устройств на гидродинамические свойства потока воды. Результаты исследования влияния пульсаций давления на погрешность индивидуальных приборов учета воды, проведенные на исследовательском стенде, позволят оценить перспективу дальнейших исследований в этом направлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаев В.Н. Особенности учета горячей воды при переходе на энергосберегающую эксплуатацию // Энергосбережение. 2010. № 4. С. 46–53.
2. Канев С.Н. Учет количества теплоты и массы теплоносителя в водяных системах потребителей. Хабаровск, 2005. 124 с.
3. Ромадов В. Критерии выбора и области применения промышленных счетчиков воды // Строительный инжиниринг. 2007. № 12. С. 1–9.



УДК 697.3

В.Ф. Богданов, В.П. Черненко

БОГДАНОВ Владимир Федорович – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: vladikss@yandex.ru, ЧЕРНЕНКОВ Владимир Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: cvp_dv@mail.ru

© Богданов В.Ф., Черненко В.П., 2012

Исследования контроллеров фирмы Сименс для систем теплоснабжения



Представлены исследования возможностей и технологии применения контроллеров фирмы Сименс (Германия) для автоматизации систем теплоснабжения в новой инновационной лаборатории.
Ключевые слова: контроллер, теплоснабжение, автоматизация, инновация, лаборатория.

Researchers controllers company Siemens for systems heat supply. Vladimir F. Bogdanov, Vladimir P. Chernenkov – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok). Shows researchers, facility, and technologys use controllers company Siemens for automation systems heat supply on basis new innovation laboratory.
Key words: controllers, heat supply, automation, innovation, laboratory.

В настоящее время с целью автоматического регулирования широко применяются контроллеры различного назначения, благодаря которым человек может управлять промышленными объектами на большом от него расстоянии. Значительный интерес представляет использование контроллеров фирмы Сименс (Германия) в центральных тепловых пунктах (ЦТП), предназначенных для рационального и экономичного распределения тепловой энергии, подаваемой в системы отопления и горячего водоснабжения зданий и сооружений. Основными элементами ЦТП – важнейшего звена системы теплоснабжения являются теплообменное оборудование, циркуляционные насосы, запорно-регулирующая арматура.

Цель статьи – анализ исследований по применению контроллеров фирмы Сименс в области теплоснабжения, которые проводились на кафедре инженерных систем зданий и сооружений ДВФУ. Подобные исследования также проводились специалистами этой фирмы, но их объем недостаточен для широкого применения в практике теплоснабжения [2].

Фирма Сименс разрабатывает и производит оборудование промышленной автоматики, которое легко обслуживается и имеет большой набор различных функций, оптимизирующих работу системы теплоснабжения. Кроме того, существует возможность подключения контроллеров в единую систему диспетчеризации при помощи стандартных протоколов коммуникации.

Инновационная лаборатория автоматики кафедры инженерных систем зданий и сооружений ДВФУ оснащена современным оборудованием в виде персональных компьютеров, стендов с контроллерами фирмы Сименс Simatic S7, интерфейсными модулями и несколькими реальными установками. Для работы с контроллерами на персональные компьютеры была установлена программа Step 7 с целью обеспечения обмена информацией между компьютером и контроллером. Это позволило программировать контроллер в нужном режиме. Для представления работы контроллера с виртуальными моделями и установками введена программа визуализации WINCC. Новая лаборатория была создана для обучения студентов на тренажерах: в ней есть 13 виртуальных и 4 реальных объекта автоматизации. После выбора объекта регулирования открывается окно с его визуальным отображением. Ниже этого окна расположена краткая информация по управлению объектом автоматизации.

Программируемые контроллеры Simatic S7 имеют сертификат Госстандарта России, подтверждающий соответствие требованиям стандартов ГОСТ, и разрешение на их применение от Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Данные контроллеры обеспечивают эффективное программирование на языках STL, LAD и FBD, а также высокое быстродействие. Время выполнения логических функций не превышает 0.22 мс. Следует отметить наличие конфигурируемых областей памяти для

необслуживаемого сохранения данных при перебоях в питании контроллера. Существует универсальность входов и выходов центральных процессоров, имеются стандартные дискретные входы и выходы, входы скоростного счета, импульсные выходы. Универсален встроенный интерфейс центральных процессоров, обеспечивается поддержка протоколов PPI/ MPI/ USS/MODBUS, имеется свободно программируемый порт. Модульный ряд контроллеров Simatic S7 объединяет в своем составе модули центральных процессоров, коммуникационные модули; модуль позиционирования EM 253, модули ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов; модули блоков питания. Максимально может быть использовано 7 различных модулей расширения, все они способны работать в диапазоне температур от 0 до +55°C. Для более жестких условий эксплуатации могут использоваться модули семейства S1plus S7 с диапазоном рабочих температур от -20 до +70 °C. Программируемые контроллеры Simatic S7-200 предназначены для построения относительно простых систем автоматического управления, отличающихся минимальными затратами на приобретение аппаратуры и разработку системы. Контроллеры способны работать в реальном масштабе времени и могут быть использованы как для построения узлов локальной автоматики, так и узлов, поддерживающих интенсивный коммуникационный обмен данными через сети Industrial Ethernet, PROFIBUS-DP, AS-Interface, MPI, PPI, MODBUS, системы телеметрии, а также через модемы [1].

На базе созданной на кафедре данной инновационной лаборатории были изучены методики производителя для работы с контроллерами, проведены работы с виртуальными объектами автоматического регулирования, такими как «бойлер», «регулятор ГВС открытого типа 1», «регулятор ГВС открытого типа 2», «регулятор ГВС закрытого типа 1», «регулятор ГВС закрытого типа 2». Затем были составлены новые методические указания к исследованиям на данных лабораторных стендах, включая виртуальные объекты. Это позволит и дальше использовать все стенды в обучающих целях для подготовки и переподготовки студентов и специалистов в области теплоснабжения.

Благодаря передовым технологиям и особым встроенным алгоритмам, контроллеры теплоснабжения производства Сименс являются хорошим решением как для бюджетных, так и для комплексных сложных систем. Такие запатентованные функции, как ограничение температуры обратки DRT (differential of return temperatures), управление распределением мощности, положительно воздействуют на пропускную способность ЦТП, снижают расходы на работу насосного оборудования, потери тепла и увеличивают эффективность выработки тепла в комбинированных источниках. Ведется наблюдение за передачей лишнего тепла, вследствие чего значительно повышается эффективность системы теплоснабжения.

Температура в обратном трубопроводе является самым важным критерием экономичной работы системы теплоснабжения. Все основные характеристики, такие как пропускная способность системы, насосная мощность, потери тепла и коэффициент полезного действия, зависят от температуры в обратном трубопроводе. Благодаря имеющимся функциям ограничения контроллеры Сименс гарантируют максимально низкое значение температуры в обратном трубопроводе. Особенно эффективна функция DRT, которая, помимо снижения температуры в обратном трубопроводе, также сглаживает и пиковые нагрузки, тем самым предотвращая перекачивание лишнего тепла. Для активации данной функции требуются два дополнительных датчика температуры первичного и вторичного контура теплообменника. Если разница температур превышает разумный предел, контроллер теплового пункта не открывает регулирующий клапан, более того, он может его закрыть, чтобы снизить лишний расход теплообменника. Автоматизированная система управления теплового пункта предназначена для эффективного управления, в том числе дистанционного, технологическим оборудованием и учета расхода электроэнергии, теплоносителя и холодной воды. Система контроля и управления ЦТП поддерживает оптимальное давление в контурах теплоснабжения, гарантирует заданную температуру в системе отопления в зависимости от температуры окружающего воздуха и времени суток, плановое переключение насосов, ведение автоматизированного учета тепла, расходуемого на отопление и подогрев горячей воды, а также учет и диспетчерский контроль ее потребления, дистанционный контроль за работой оборудования ЦТП с диспетчерского пункта управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минаев И.Г., Самойлов В.В. Программируемые логические контроллеры: практическое пособие для начинающих инженеров. Ставрополь: АРГУС, 2009. 102 с.
2. Плашип Я. Основные принципы построения систем теплоснабжения с применением современного оборудования автоматизации. М.: 2008. №7. С. 30–39. URL: <http://www.c-o-k.ru/showtext/?id=2033&from=online> (дата обращения: 3.11.2012).



УДК 697.4:621.577

А.С. Штым, И.А. Журмилова, Т.Г. Савина

ШТЫМ Алла Сильвестровна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: shtym_alla@mail.ru, ЖУРМИЛОВА Ирина Александровна – ассистент кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: angelleech@mail.ru, САВИНА Татьяна Геннадьевна – магистрант, Инженерная школа (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: savina_vl@mail.ru.

© Штым А.С., Журмилова И. А., Савина Т.Г., 2012

Восстановление энергетического потенциала системы теплосбора геотермальных тепловых насосов



Тепловые насосы используют низкопотенциальную энергию грунта. В процессе эксплуатации потенциал грунтового массива уменьшается, поэтому в данной статье рассматриваются возможности восстановления этого потенциала.

Ключевые слова: энергосбережение, солнечная радиация, температура грунта, геотермальные тепловые насосы.

Recovery of an energy potential of system of heat collecting geothermal thermal pumps. Alla S. Shtym, Irina A. Zhurmilova, Tatyana G. Savina – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok). Heat pumps use a low-potential energy of the ground. During operation the potential of ground mass decreases, so in this article examines the possibility of recovering the energy potential of the soil.
Key words: power savings, solar radiation, soil temperature, geothermal heat pumps.

Источником энергии в геотермальных тепловых насосах является низкопотенциальная энергия грунта, которая извлекается системами теплосбора, состоящими из грунтовых теплообменников, соединенных коллекторами. В климатических условиях России с долгой и холодной зимой энергетический потенциал грунта будет снижаться, поэтому массив грунта, окружающего трубы грунтового теплообменника, должен быть большим. Количество энергии, извлекаемой из грунта, определяет габариты соответствующего теплообменника, но если предусмотреть возможности восстановления энергетического потенциала грунтового слоя, то это приведет к существенной экономии при создании данного теплообменника и повысит эффективность работы геотермального теплового насоса.

Тепловой режим грунта поверхностных слоев Земли формируется под действием двух основных факторов: падающей на поверхность солнечной радиации и потоком радиогенной теплоты из земных недр. Сезонные и суточные изменения интенсивности солнечной радиации и температуры наружного воздуха вызывают колебания температуры верхних слоев грунта [2]. Глубина проникновения суточных колебаний температуры наружного воздуха и интенсивности падающей солнечной радиации в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий колеблется в пределах от нескольких десятков сантиметров до полутора метров. Глубина проникновения сезонных колебаний температуры наружного воздуха и интенсивности падающей солнечной радиации не превышает, как правило, 15–20 м. Температурный режим слоев грунта, расположенных ниже этой глубины («нейтральной зоны»), формируется под воздействием тепловой энергии, поступающей из недр Земли, и практически не зависит от сезонных, а тем более суточных изменений параметров наружного климата.

Солнечная радиация, которая в среднем составляет $1,4 \text{ кВт/м}^2 \cdot \text{сут}$, формирует запасы низкопотенциального тепла в грунте непосредственно у его поверхности. В настоящий период при постоянном росте стоимости традиционных энергоносителей актуальной становится задача определения возможности использования запасов низкопотенциального тепла [1].

Количественной характеристикой запасов тепла является зависимость распределения температуры грунтов от глубины и периода времени года. Динамика изменения температуры грунта на различных глубинах, а также максимальные и минимальные значения температур на его поверхности позволяют определить запасы энергии.

Определить температуру грунта для определенной глубины можно по известной зависимости [3]:

$$T_{\text{гр}}(X_s, t) = \bar{T}_{\text{гр}} - A_s e^{-X \sqrt{\frac{\pi}{86550}}} \cos\left(\frac{2\pi}{365} \left[t - t_0 - \frac{x}{2} \sqrt{\frac{365}{\pi \alpha}} \right]\right) \quad (1)$$

В формуле (1) X – это глубина, выраженная в футах, а сама температура выражается в градусах по Фаренгейту. С учетом коэффициентов, которые переводят все величины в размерности системы СИ, формула приобретает вид:

$$T_{\text{гр}}(X, t) = \bar{T}_{\text{гр}} - A_s e^{-3,16 \cdot 10^{-4} X \sqrt{\frac{\pi}{86550}}} \cos\left(\frac{2\pi}{365} \left[t - t_0 - 1,834 \cdot 10^{-2} X \sqrt{\frac{365}{\pi \alpha}} \right]\right) \quad (2)$$

где, X – глубина, м, t – порядковый номер дня года;

t_0 – среднегодовая температура поверхности почвы, принимается равной среднегодовой температуре наружного воздуха для выбранного региона, °С;

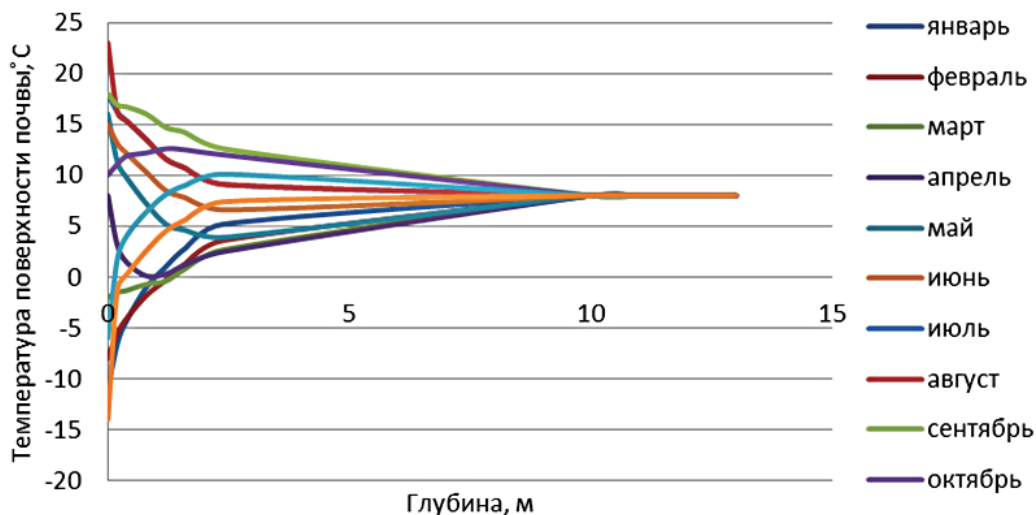
S – годовая амплитуда колебаний температуры поверхности почвы, °С;

A – температуропроводность грунта, м²/с; t_0 – фазовая константа.

С целью обеспечить равномерное увеличение температуры ниже зоны сезонной изменчивости необходимо добавить в уравнение еще один член.

$$T_{\text{гр}}(X) = \bar{T}_{\text{гр}} - A_s e^{-3,16 \cdot 10^{-4} X \sqrt{\frac{\pi}{86550}}} \cos\left(\frac{2\pi}{365} \left[t - t_0 - 1,834 \cdot 10^{-2} X \sqrt{\frac{365}{\pi \alpha}} \right]\right) + X \frac{\alpha}{100} \quad (3)$$

Для Владивостока построен график температурного поля нетронутого грунта, учитывая заданные свойства почвы. На оси абсцисс отложена глубина, а на оси ординат – температура (см. рисунок).



Температурное поле нетронутого грунта для г. Владивостока

С увеличением глубины наблюдается увеличение инерционности в динамике изменения температуры грунта (см. рисунок). Это связано с влиянием тепловых потоков от более глубоких слоев грунта. На глубине 2,4 м зафиксировано максимальное сезонное изменение температуры грунта. Сезонные колебания температуры воздуха практически не влияют на температуру грунта на глубинах более 10 м, ниже которой установлено экспериментальным путем и подтверждено расчетом: температуры грунта лежат в пределах +8 °С. Таким образом, грунт глубинных слоев земли является достаточно мощным аккумулятором низкопотенциальной энергии и оказывает существенное влияние на температурное поле в вышележащих слоях.

Проведенные численные эксперименты показали, что потребление тепловой энергии из грунтового массива к концу отопительного сезона вызывает вблизи регистра труб системы теплосбора понижение температуры грунта, которое не успевает компенсироваться в летний период года, и к началу следующего отопительного сезона грунт имеет пониженный температурный потенциал. Следовательно, необходимо повышать данный потенциал; сделать это можно при помощи дополнительной аккумуляции тепла (например, солнечной энергии) в летний период.

На процесс теплообмена в почве на больших глубинах (кроме свойств рабочей жидкости в грунтовом теплообменнике) влияет много различных факторов. Неоднородность структуры почвы как в вертикальном,

так и в радиальном направлениях, наличие подземных вод или карстовых полостей, заполненных воздухом, – лишь некоторые из них. Большинство этих явлений просто невозможно учесть, поэтому важным при расчете температурных полей, как и при математическом моделировании любых других процессов, является четкое описание принятых в модели упрощений и предположений. На основе этого в дальнейшем можно будет решать, насколько правомерно применять результаты, полученные при моделировании. Разработка математической модели и расчетной методики необходима для определения состояния энергетического потенциала грунта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по климату СССР. Ч. 1. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. Вып. 1–34. Л.: Гидрометеиздат, 1966–1968.
2. Штым А.С., Маркелова И.А. Системы теплосбора для геотермальных тепловых насосов // Вестн. ВолгГАСУ. Сер. Стр-во и архит. 2011. Вып. 23. С 126.
3. RETScreen®International. Ground-source Heat Pump Project Analysis: Chapter // RETScreen®Engineering & Cases Textbook / Ministry of Natural Sources of Canada, 2005. 70 p.



УДК 697.4:621.577

А.С. Штым, Т.Г. Савина, И.А. Журмилова

ШТЫМ Алла Сильвестровна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: shtym_alla@mail.ru, САВИНА Татьяна Геннадьевна – магистрант (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: savina_vl@mail.ru, ЖУРМИЛОВА Ирина Александровна – ассистент кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: angelleech@mail.ru.

© Штым А.С., Савина Т.Г., Журмилова И.А., 2012

Влияние расхода теплоносителя на работу грунтового теплообменника



Представлено исследование влияния предельной скорости теплоносителя при прохождении по заданному диаметру трубы U-образного грунтового теплообменника, произведен расчет гидравлических потерь по методу динамических давлений.

Ключевые слова: энергосбережение, грунтовой теплообменник, теплоноситель, температурный перепад.

Influence of an expense of the heat-transfer agent on operation of the ground heat exchanger. Alla S. Shtym, Tatyana G. Savina, Irina A. Zhurmilova – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

Presented the research of influence of speed limit of the heat-transfer agent when passing on the given diameter of a pipe of "U"-shaped ground heat exchanger is settled hydraulic calculation of the losses by the method of dynamic pressures.

Key words: power savings, the ground heat exchanger, the heat-transfer agent, temperature difference.

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов представляет собой сегодня одну из глобальных мировых проблем, успешное решение которой будет иметь определяющее значение. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энергосберегающих технологий, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ). В мире широкое распространение получили установки, работающие на солнечной энергии и тепле земли. Установки могут работать как отдельно, так и совместно, что существенно повышает их эффективность [2].

В общем случае можно выделить два вида систем использования низкопотенциальной тепловой энергии земли:

- открытые, где в качестве источника низкопотенциальной тепловой энергии используют грунтовые воды, подводимые непосредственно к тепловым насосам;
- замкнутые, где теплообменники расположены в грунтовом массиве; при циркуляции по ним теплоносителя с пониженной относительно грунта температурой происходит «отбор» тепловой энергии от грунта и перенос ее к испарителю теплового насоса (или, при использовании теплоносителя с повышенной относительно грунта температурой – его охлаждение) [3].

Основная часть открытых систем – скважины, позволяющие извлекать грунтовые воды из водоносных слоев грунта и возвращать воду обратно в те же водоносные слои. Обычно для этого устраиваются парные скважины. Замкнутые системы делятся на горизонтальные, вертикальные и наклонные.

Горизонтальный грунтовой теплообменник устраивается, как правило, рядом с домом на небольшой глубине (но ниже уровня промерзания грунта в зимнее время).

Виды горизонтальных теплообменников:

- а) теплообменник из последовательно соединенных труб;
- б) теплообменник из параллельно соединенных труб;
- в) горизонтальный коллектор, уложенный в траншее;
- г) теплообменник в форме петли;
- д) теплообменник в форме спирали, расположенной горизонтально (так называемый slinky-коллектор);
- е) теплообменник в форме спирали, расположенной вертикально.

Использование горизонтальных грунтовых теплообменников ограничено размерами имеющейся площадки.

Вертикальные грунтовые теплообменники позволяют использовать низкопотенциальную тепловую энергию грунтового массива, лежащего ниже «нейтральной зоны» (15–20 м от уровня земли). Ниже «нейтральной зоны» отсутствуют воздействие климатических годовых изменений, влияние солнечной радиации и т.д. Системы с вертикальными грунтовыми теплообменниками не требуют больших по площади участков и не зависят от интенсивности солнечной радиации, попадающей на поверхность. Обычно используется два типа вертикальных грунтовых теплообменников.

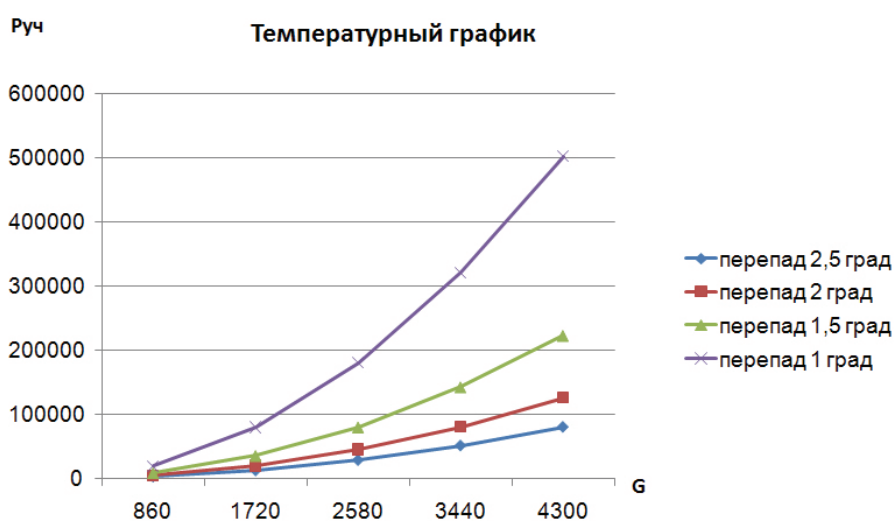
U-образный, представляющий собой две параллельных трубы, соединенных в нижней части. В одной скважине располагаются одна или две пары таких труб. Преимуществом данной схемы является относительно низкая стоимость изготовления.

Коаксиальный (концентрический) теплообменник. Простейший коаксиальный теплообменник представляет собой две трубы различного диаметра. Труба меньшего диаметра располагается внутри другой трубы.

Наклонные грунтовые теплообменники, так же как и вертикальные, используют низкопотенциальную тепловую энергию грунтового массива. Для извлечения теплоты грунта применяют U-образные теплообменники из медных труб диаметром 1/2–1/4". Располагают теплообменники под углом 45° относительно поверхности земли и на глубину 15–30 м [1]. Количество и длина теплообменников зависят от мощности теплового насоса.

Учитывая вышеназванные особенности грунтовых теплообменников, обычно используют два их вида: U-образный и коаксиальный.

Для исследования влияния предельной скорости теплоносителя при прохождении по заданному диаметру трубы U-образного грунтового теплообменника произведен расчет гидравлических потерь по методу динамических давлений. Скважина имеет глубину $l = 60$ м, в ней установлен грунтовой теплообменник, представляющий петлю.



Зависимость гидравлических потерь на участке от расхода теплоносителя по каждому из температурных перепадов

Петля имеет длину 120 м, дугообразное соединение в нижней части, диаметр трубы $du=25$ мм. Теплосъем с грунта примем равным: 1 кВт; 2 кВт; 3 кВт; 4 кВт; 5 кВт. При этом температурный перепад теплоносителя может изменяться от 1 до 2,5 °C ($\Delta t = 2,5$ °C; 2 °C; 1,5 °C; 1 °C).

Первые 24 часа после своего начала процесс теплопередачи при работе грунтового теплообменника имеет некоторую нестационарность, а уже по истечении этого времени тепловой режим стабилизируется, поэтому в работе рассмотрен стационарный процесс.

Из графика видно, что для грунтовых теплообменников не рекомендуемый температурный перепад 1 °C. Минимальное значение температурного перепада 1,5 °C.

Исследование показало, что применение температурного перепада в 1 °C экономически нецелесообразно, так как гидравлические потери возрастают в два раза. При анализе зависимости гидравлических потерь давления на участке в грунтовом теплообменнике установлено предельное значение температурного перепада, снижение которого ведет к резкому увеличению потерь давления на участке и расходу электроэнергии на перекачку жидкости насоса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безруких П.П., Арбузов Ю.Д., Борисов Г.А., Виссарионов В.И.. Перспективы возобновляемой энергетики // Наука в России. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. 2003. № 4. С. 155. С. 52–60.
2. Васильев Г.П., Шилкин Н.В. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли // АВОК. 2003. № 2. С. 52–60.
3. Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов нетрадиционных возобновляемых источников энергии. Утв. указанием Москомархитектуры 31.01.2001. Инсолар-инвест. М., 2001. № 8.



УДК 697.4:621.577

А.С. Штым, Е.В. Тарасова

ШТЫМ Алла Сильвестровна – кандидат технических наук, заведующая кафедрой инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), E-mail: shtym_alla@mail.ru, ТАРАСОВА Елена Владимировна – аспирант, ассистент кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: lotos.t.e@mail.ru

© Штым А.С., Тарасова Е.В., 2012

Изменение параметров воздуха при контакте его со снегом в холодохранилищах



При прохождении воздуха через холодохранилище происходит его прямой контакт со снегом и образуется тонкая пленка воды, термодинамические параметры которой оказывают существенное влияние на свойства охлаждаемого воздуха.

Ключевые слова: кондиционирование, холодохранилище, параметры воздуха, теплообмен, влагообмен, диаграмма.

Changing the air in contact it with the snow holodohranilischah. Alla S. Shtym, Elena V. Tarasova – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

Direct contact with the snow air during the passage of air through cold storage with a thin film of water. Thermodynamic parameters which significantly influence the properties of cooled air.

Key words: air conditioning, cold storage, air conditions, heat transfer, moisture transfer, the diagram.

Применение естественных источников холода имеет экологические и энергосберегающие преимущества при создании комфортных условий в помещениях по сравнению с традиционными системами кондиционирования воздуха (такими как сплит, чиллер-фанкойл).

При прохождении воздуха через холодохранилище происходит прямой его контакт со снегом. Воздух, охлаждаясь, отдает свою теплоту снегу, который переходит в жидкую фазу – талую воду. На поверхности

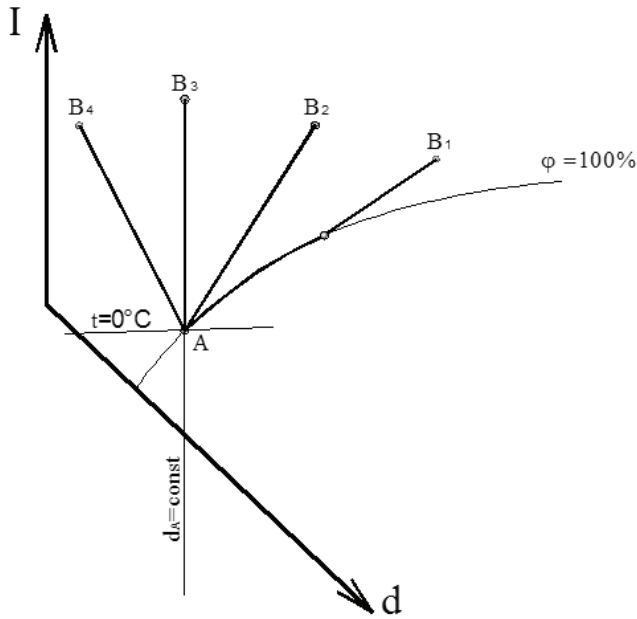


Рис. 1. I-d-диаграмма характерных процессов тепло- и влагообмена воздуха с водяной пленкой на поверхности снега при различных начальных состояниях воздуха

снега при контакте его с теплым воздухом образуется тонкая пленка воды. Теплообмен с воздухом происходит на границе воздух – вода.

Обычно предполагают, что тонкий слой воздуха на поверхности воды оказывается полностью насыщенным водяными парами, а его температура равна температуре воды. Состояние воздуха в этом слое можно определить по температуре воды, считая его относительную влажность ϕ равной 100%. При таком предположении процесс тепло- и влагообмена между воздухом и водой можно рассматривать как процесс смешения основного потока воздуха с насыщенным влажным воздухом в тонком слое, контактирующем с водой [2].

Процесс изменения состояния воздуха при контакте с водяной пленкой в холодохранилище представлен на I-d диаграмме в зависимости от начального состояния воздуха (рис. 1). Примем температуру пленки воды постоянной, равной температуре плавления снега, -0°C . Воздух заходит в холодохранилище и начинает соприкасаться со снежной массой, по мере прохождения через

холодохранилище с воздухом происходят процессы тепло- и влагообмена.

Рассмотрим несколько характерных процессов изменения параметров воздуха в зависимости от их начальных значений (рис. 1).

Точка А характеризует состояние тонкой пленки воды на поверхности снега, $t_A = 0^\circ\text{C}$, $\phi = 100\%$. При подаче теплого воздуха, насыщенного влагой (точка B_1), воздух интенсивно охлаждается и осушается. Вода охлаждает воздух и отбирает тепло, выделившееся при конденсации водяных паров на ее поверхности. Воздух охлаждается до достижения максимальной влажности $\phi = 100\%$, в нем образуется туман, далее воздух продолжает охлаждаться и осушаться до температуры точки А с постоянной влажностью $\phi = 100\%$. Процесс $B_2 - A$ происходит так же, как начальная стадия процесса $B_1 - A$. Воздух также осушается и охлаждается, но влажность достигает 100% только при $t_A = 0^\circ\text{C}$. Процесс $B_3 - A$ идет при постоянном влагосодержании $d = 3,8 \text{ г/кг}$. Воздух не осушается и не увлажняется, изменяется только его температура (сухое охлаждение). Точка B_4 характеризует состояние теплого, сухого воздуха с $d < 3,8 \text{ г/кг}$. При соприкосновении потока воздуха с пленкой воды на поверхности снега происходит охлаждение и увлажнение воздуха. Тепло воздуха идет на испарение и на нагрев талой воды.

В идеальном случае воздух, подающийся в холодохранилище, может охладиться до $t = 0^\circ\text{C}$. Фактически процесс охлаждения воздуха заканчивается на температуре выше 0°C . Параметры воздуха, уходящего из холодохранилища, зависят от интенсивности теплообмена, площади соприкосновения со снегом и расхода воздуха.

При расчете охлаждения воздуха в холодохранилище необходимо рассматривать взаимодействие влажного воздуха с пленкой воды на поверхности снега.

В снегохранилище параметры влажного воздуха определяются температурой водяной пленки, которая, в свою очередь, равна температуре плавления пресного льда -0°C . При этом влагосодержание насыщенного воздуха равно $3,8 \text{ г/кг}$, а его теплоемкость $-1,0118 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$.

Теплообмен по полной теплоте можно также определить как сумму явной $q_B^{\text{я}}$ и скрытой $q_B^{\text{ск}}$ теплоты [1]:

$$q_B^{\text{п}} = q_B^{\text{я}} + q_B^{\text{ск}}, \quad (1)$$

$q_B^{\text{я}}$ – определяется по формуле [1]:

$$q_B^{\text{я}} = \alpha_t (t_2 - t_1), \quad (2)$$

где α_t – коэффициент теплообмена; t_1 – температура поверхности воды; t_2 – температура потока воздуха;

$q_B^{\text{ск}}$ – количество скрытой теплоты, переданной в процессе влагообмена [2]:

$$q_B^{\text{ск}} = r \cdot j_g. \quad (3)$$

Уравнение (3) несколько неточно, так как не учитывает переноса теплосодержания жидкой фазы, для учета которой величину r следует заменить величиной полного теплосодержания i [3].

Количество сконденсировавшейся влаги при нормальном атмосферном давлении можно определить из уравнения Ньютона [1]:

$$j_e = \alpha_d (d_2 - d_1), \quad (4)$$

и следующего [3]:

$$j_a = \beta (h_a - h_w), \quad (5)$$

где β – коэффициент влагообмена кг/(м²·ч·мм рт.ст.):

$$\beta = (a + b\omega) \frac{760}{B}, \quad (6)$$

где: h_a – упругость водяного пара в воздухе, мм рт. ст.; h_w – упругость водяного пара над поверхностью воды, мм рт. ст.; a – коэффициент, зависящий от температуры воды, при температуре меньше 30 °С принимается равным 0,022; b – коэффициент, принимается равным 0,0174; B – барометрическое давление в мм рт. ст.; ω – скорость потока воздуха [3].

Тогда:

$$q_g^{ck} = i_{вл} \beta (h_e - h_w) \frac{1}{3600} \text{ Вт/м}^2, \quad (7)$$

$$q_b^{ck} = i_{вл} \cdot \alpha_d (d_2 - d_1) \text{ Вт/м}^2, \quad (8)$$

где α_d – коэффициент влагоперехода; d_1 – влагосодержание насыщенного воздуха при температуре равной температуре поверхности воды; d_2 – влагосодержание потока воздуха; $i_{вл}$ – полное теплосодержание водяного пара при температуре пленки воды.

Выразим α_d из (8):

$$\alpha_d = \frac{q_g^{ck}}{i_{вл} \cdot (d_2 - d_1)} = \frac{i_{вл} \cdot \beta (h_e - h_w)}{i_{вл} \cdot (d_2 - d_1) \cdot 3600} = \frac{\beta (h_e - h_w)}{3600 \cdot (d_2 - d_1)}, \quad (9)$$

Тогда, используя соотношение Льюиса, найдем коэффициента теплоотдачи от потока воздуха к поверхности водяной пленки α_t :

$$\alpha_t = c_e \cdot \alpha_d = \frac{1000 \cdot c_e \cdot \beta \cdot (h_e - h_w)}{3,6 \cdot (d_2 - d_1)} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}. \quad (10)$$

Зависимость (10) представлена графически на рис. 2 и 3.

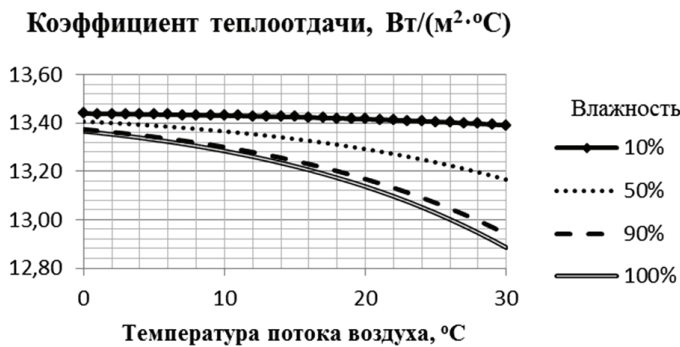


Рис. 2. Коэффициент теплоотдачи от потока воздуха к поверхности водяной пленки в зависимости от его температуры и влажности ($\omega = 1$ м/с)



Рис. 3. Коэффициент теплоотдачи от потока воздуха к поверхности водяной пленки в зависимости от его скорости, при температуре воздушного потока 15 °С и влажности 50%

При уменьшении влажности воздуха коэффициент теплоотдачи α_t стремится к прямой, зависящей только от скорости воздушного потока. При увеличении влажности потока воздуха от 10 до 100% коэффициент теплоотдачи α_t уменьшается в среднем на 0,1–0,8 Вт/(м²·°С), в зависимости от температуры и влажности воздуха. Гораздо сильнее коэффициент теплоотдачи α_t зависит от скорости воздушного потока. Как свидетельствует рис. 3, коэффициент теплоотдачи α_t увеличивается более чем в 6 раз при увеличении скорости воздушного потока от 0,1 до 8 м/с.

Согласно уравнению Меркеля [1], поток полного тепла от воздуха к воде определяется как

$$q_b^n = \alpha_d (I_2 - I_1). \quad (11)$$

Используя эту зависимость, можно определить количество полной теплоты, отдаваемой потоком теплого воздуха 1 м² пленки воды на поверхности массива снега.

Количество полной теплоты $q_{\text{в}}^{\text{п}}$, отдаваемой воздушным потоком массиву снега, зависит от скорости воздушного потока. При скорости 5 м/с и температуре 30 °С количество полной теплоты достигает 1900 Вт/м². Но при понижении температуры воздуха этот параметр быстро снижается. При температуре воздуха 7,5 °С и той же скорости воздуха количество полной теплоты равно 200 Вт/м². Это говорит об очень эффективном теплообмене в начале процесса теплообмена между снегом и воздухом (рис. 2) и постепенном его снижении по мере прохождения воздуха через холодохранилище.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования будут использованы при составлении инженерной методики расчета аккумуляторов естественного холода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богословский В.Н., Новожилов В.И., Симаков Б.Д., Титов В.П. Отопление и вентиляция. Ч. II. Вентиляция. М.: Строиздат, 1976. 439 с.
2. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. М.: Строиздат, 1985. 367 с.
3. Максимов Г.А. Проектирование процессов кондиционирования воздуха, М.: Высш. шк. 1961. 100 с.



УДК 697.4:621.577

А.С. Штым, А.А. Когаль

ШТЫМ Алла Сильвестровна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: shtym_alla@mail.ru, КОГАЛЬ Анна Анатольевна – магистрант кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: anna_kogal2601@mail.ru.

© Штым А.С., Когаль А.А., 2012

Применение солнечных коллекторов для горячего водоснабжения в спортивном комплексе «Ледовая арена»



Представлена разработка принципиальной схемы горячего водоснабжения на базе солнечных коллекторов Nibe Solar FP 215.

Ключевые слова: солнечные коллекторы, горячее водоснабжение, энергосбережение.

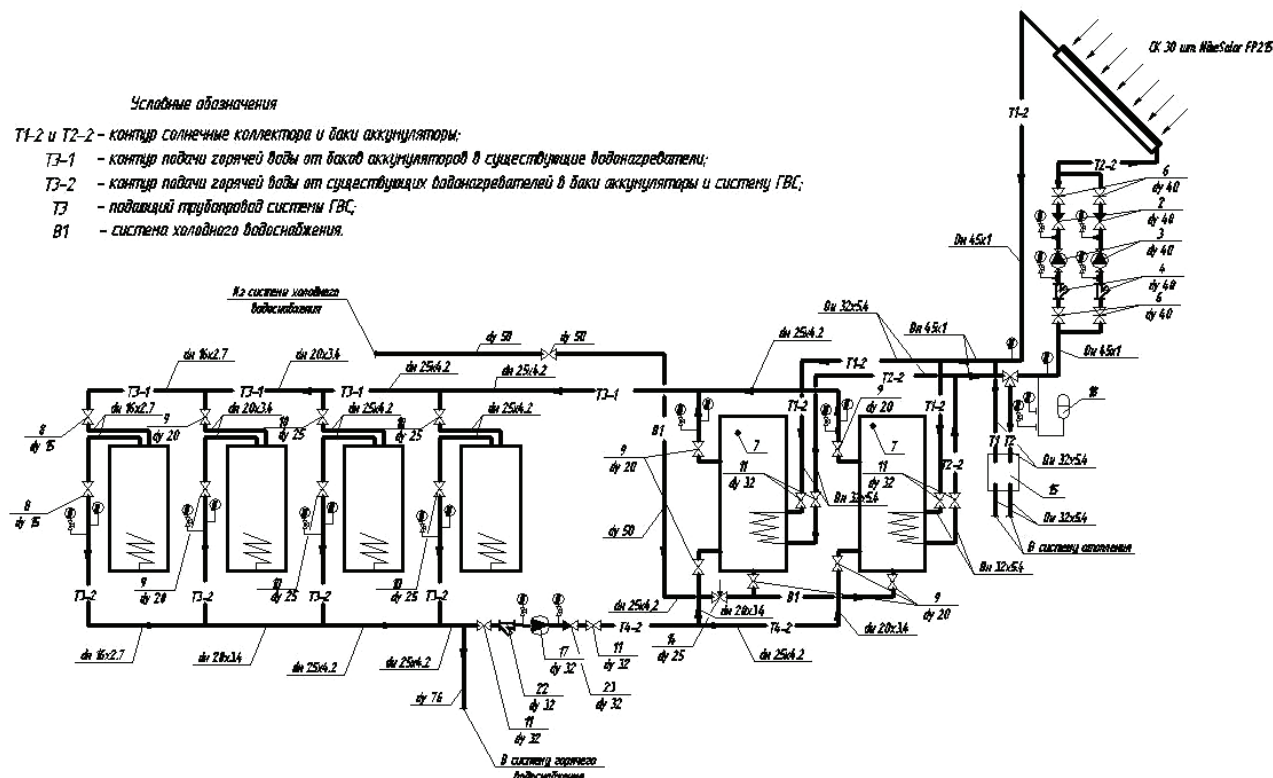
Application of solar collectors for hot water sports complex “Ice Arena”. Alla S. Shtym., Anna A. Kogal – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

The development concept based on hot water solar collectors Nibe Solar FP 215.

Key words: solar collectors, hot water supply, energy efficiency.

В рамках краевой программы «Энергосбережение» в г. Уссурийске было принято решение установить солнечные коллекторы на крытом хоккейном катке «Ледовая арена» [2]. На данном объекте горячее водоснабжение предусматривается для обеспечения хозяйственно-бытовых и технологических нужд; нагрузка на ГВС 0,0834 Гкал/ч (97 кВт/ч). В настоящее время потребность в горячей воде удовлетворяется за счет работы емкостных электроводонагревателей. Солнечные коллекторы устанавливаются как альтернативный источник теплоснабжения, что позволит значительно снизить эксплуатационные затраты на эти нужды [1].

Для использования энергии солнца разработан проект системы горячего водоснабжения на базе солнечных коллекторов Nibe Solar FP 215 в количестве 30 штук. Коллекторы устанавливаются на южном фасаде здания под углом 60°, что оптимизирует их производительность в зимний и переходный периоды и снижает излишки теплоты летом. В схеме системы предусмотрено предохранение от перегрева теплоносителя в солнечном контуре путем сброса излишек теплоты в систему отопления, так как из-за особенностей работы



Принципиальная схема горячего водоснабжения на базе солнечных коллекторов

этого объекта требуется обогрев административных и служебных помещений в летний период (см. схему). В случае отсутствия солнечной энергии или при повышенном расходе горячей воды в системе происходит подогрев с помощью электронагревателей, установленных в баках-аккумуляторах.

Nibe Solar FP 215 – это высококлассный солнечный коллектор с селективным абсорбером змеевикового типа, сваренным по лазерной технологии, и инновационным дизайном малой массы. В пустом состоянии масса самого коллектора составляет всего 32,5 кг, а его высокий тепловой КПД соответствует исключительному изоляционному решению. Сочетание устойчивой к высоким температурам PIR-панели и минеральной изоляции обеспечивают минимальную толщину плоского коллектора – всего 81 мм.

Для минимизации реконструкции существующей системы горячего водоснабжения в схеме создано дополнительное циркуляционное кольцо. Установлено следующее дополнительное оборудование: 2 бака аккумулятора системы ГВС по 500 л, объединенные с существующими аккумулялирующими емкостями. Для циркуляции незамерзающей жидкости в первом контуре солнечных коллекторов применяется специальный циркуляционный насос Willo TOP-S 30/10. Пластинчатый теплообменник мощностью 45 кВт служит для сброса избыточной теплоты от солнечных коллекторов в существующую систему отопления административных и служебных помещений. Для циркуляции теплоносителя в пластинчатом теплообменнике и системе отопления используется циркуляционный насос Wilo TOP-S 30/10, а в системе ГВС – насос Wilo Star-Rs 25/2. Клапан редукционный RP204 (dy20) служит для подпитки бака аккумулятора ГВС при потреблении горячей воды. Переключение потока теплоносителя от солнечных коллекторов на бак аккумулятора ГВС или на теплообменник (утилизация избытков теплоты от солнечных коллекторов в систему отопления) осуществляется трехходовым клапаном ESBE 3MG32-25 (dy32), управляемым системой автоматики. На трубопроводах предусмотрены: автоматические устройства для выпуска воздуха в верхних точках системы и сбросники для спуска воды в нижних точках трубопроводов с условным проходом Ду15 мм. Предохранительный клапан создает защиту от превышения давления. Предусмотрен сброс воды от предохранительного клапана в напорный дренажный приемок. На медные трубопроводы наносится теплоизоляционный материал типа K-flex.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ладейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: уч. пособие. СПб.: СЗТУ, 2003. 79 с.
2. Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». М., 2009. 132 с.



УДК 697.4:621.577

А.С. Штым, С.А. Четко

ШТЫМ Алла Сильвестровна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ЧЕЧЕТКО Сергей Александрович – магистрант Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: Sergei_Chechetko@mail.ru

© Штым А.С., Четко С.А., 2012

Особенности проектирования источника тепловой энергии на базе солнечных коллекторов для спортивного комплекса «Стадион “Локомотив”» в городе Уссурийске



Приводится разработка тепломеханической части источника горячего водоснабжения на базе солнечных коллекторов.

Ключевые слова: источник теплоснабжения, горячее водоснабжение, энергосбережение.

Application of solar collectors for hot water sports complex «Stadium “Locomotive”». Alla S. Shtym, Sergei A. Chechetko – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok), The development of thermo-mechanical source of hot water on the basis of solar collectors.

Key words: source of heat, hot water supply, energy efficiency.

Приморский край относится к таким регионам Российской Федерации, где целесообразно использовать солнечную энергию для целей энергообеспечения. Число солнечных дней в среднем по Приморскому краю составляет 310 при продолжительности солнечного сияния более 2000 ч, следовательно, один солнечный коллектор номинальной мощностью 1,5 кВт может выработать более 3 мВт тепловой энергии.

В рамках программы энергосбережения принято решение установить систему солнечных коллекторов для хозяйственно-бытовых и технологических нужд в спортивном комплексе «Стадион “Локомотив”», расположенном в г. Уссурийске, спроектированную как альтернативная система горячего водоснабжения.

В проекте предусмотрено 24 солнечных коллектора марки Nibe Solar FP 215 номинальной мощностью 1,7 кВт, расположенных на специальной металлической конструкции на южной стороне. Таким образом, общая мощность системы составляет 40,8 кВт. При хороших погодных условиях она может выработать около 260–300 кВт/сут. Солнечные коллекторы направлены на юг под углом 60° относительно поверхности земли, что обеспечивает оптимальный теплосъем в осенне-весенний период, снижает отбор тепловой энергии в летний и создает лучшие условия отбора в зимний период.

Для аккумуляции тепловой энергии от солнечных коллекторов предусмотрены 2 бака-аккумулятора емкостью по 500 л. Бак-аккумулятор и солнечные коллекторы соединены медными трубами, сами же солнечные коллекторы – магистральными трубопроводами, расположенными на металлической конструкции, с попутным движением теплоносителя. При этом движение теплоносителя осуществляется таким образом, чтобы подача его в систему солнечных коллекторов выполнялась в самой удаленной точке от теплового пункта, а соответственно, возврат теплоносителя – непосредственно вблизи теплового пункта. При таком методе соединения тепловые потери магистральных трубопроводов сводятся к минимуму. Заполнение контура «бак-аккумулятор и солнечные коллекторы» произведено 20-процентным раствором этиленгликоля.

Так как система приготовления горячей воды является дополнительной, одним из условий при проектировании было максимально возможное сохранение главной системы. На основе этого условия было запроектировано циркуляционное кольцо между баками-аккумуляторами и существующими (баки косвенного нагрева существующей/действующей системы горячего водоснабжения) двумя баками для хранения и приготовления воды. Таким образом, в баках-аккумуляторах системы солнечных коллекторов вода подогревается, далее подается в существующие баки, из которых происходит отбор воды в систему горячего водоснабжения. Оставшаяся вода подается в баки-аккумуляторы системы солнечных коллекторов, предварительно смешиваясь с водой из циркуляционного трубопровода горячего водоснабжения, а также с водой из системы

холодного водоснабжения. Это позволяет уменьшить разницу температур воды на входе и выходе баков-аккумуляторов системы солнечных коллекторов, что, соответственно, повышает эффективность подогрева.

Для безопасной эксплуатации данной системы были приняты следующие решения. В случае превышения температуры горячей воды в баках-аккумуляторах более 70 °С происходит автоматическое переключение трехходового клапана, установленного на обратном трубопроводе системы солнечных коллекторов, на пластинчатый теплообменник для сброса тепловых избытков в систему отопления северной стороны здания. Если температура горячей воды в баке-аккумуляторе свыше 80 °С, то происходит автоматическое включение дренажной линии от баков в дренажный приямок. В случае падения температуры горячей воды в существующих баках ниже 55 °С происходит автоматическое включение электрических водонагревателей общей мощностью 24 кВт, установленных в существующих баках системы горячего водоснабжения.

К достоинствам запроектированного источника теплоснабжения следует отнести малую эксплуатационную стоимость вырабатываемой теплоты; взаимозаменяемость источников (что обеспечивает бесперебойность теплоснабжения объекта) и минимальное влияние оборудования на окружающую среду. Также стоит отметить, что вода, подогретая солнечной энергией, намного мягче и приятней в использовании, чем приготовленная традиционным методом теплоснабжения.



УДК 699.822

И.Н. Молчанова

МОЛЧАНОВА Ирина Николаевна – старший преподаватель кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).
E-mail: molchanova-in@mail.ru

© Молчанова И.Н., 2012

Решение вопросов гидроизоляции сооружений водоснабжения и водоотведения



Предлагается использование в качестве гидроизоляции сооружений водоснабжения и водоотведения материалов проникающего действия системы «Пенетрон», которые способны проникать и уплотнять структуру бетона на значительную глубину.

Ключевые слова: сухие смеси, проникающее действие, уплотнение бетона, герметизация стыков.

Waterproofing for Water Supply and Sewage System. Irina N. Molchanova – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

For water supply and sewage system propose to use «Penetron» materials to hermetically seal concrete structures. These materials are capable to penetrate and consolidate concrete structures at large depths.

Key words: dry mixtures, penetration, concrete consolidation, hermetic joints.

Бетонные и железобетонные конструкции широко применяются при строительстве зданий и сооружений водоснабжения, водоотведения и водоочистки, что выдвигает на первый план проблему обеспечения их долговечности. Эти конструкции относятся к долговременным и дорогостоящим сооружениям, которые должны послужить не одному поколению людей.

Одна из главных проблем конструкций – это проникновение влаги и агрессивных сред, что оказывает разрушительное воздействие на бетонную конструкцию. Даже очень качественный бетон содержит множество капилляров, пустот, микротрещин, через которые в него может проникать вода, а с нею и такие агрессивные примеси, как кислоты, щелочи, соли, нефтепродукты. Бетон гигроскопичен и напоминает губку – отсюда сырость, плесень, микроорганизмы. Это, в свою очередь, затрудняет или делает невозможным дальнейшую

эксплуатацию конструкций. Поэтому решение вопросов гидроизоляции при строительстве и реконструкции таких сооружений «всегда стоит на повестке дня».

У нас широко применялась, а где-то применяется и сегодня система гидроизоляции, которая включает традиционные материалы (наплавляемые, обмазочные и др.), работающие отдельно от материала конструкции (бетона) в силу несовместимости физико-химических свойств. Отсюда срок службы наплавляемых или обмазочных материалов не более 5–7 лет, затем, в процессе эксплуатации, они начинают отслаиваться. Другая причина – высокая технологичность. Традиционные материалы требуют предварительной сушки и подготовки поверхности, сложны в монтаже и нанесении в труднодоступных местах. Традиционные гидроизоляционные технологии имеют низкую ремонтпригодность, что даже при незначительных повреждениях приводит к сбою работы всей системы (для определения характера и места повреждения необходимо вскрывать периметр сооружения и т.д.). А если производить гидроизоляцию изнутри здания, то любое «защитное» покрытие даже при небольшом воздействии воды легко отслаивается от основания, образуются водяные «карманы».

В 1958 г. американскими химиками была разработана формула, положенная в основу системы гидроизоляционных материалов, способных проникать и уплотнять структуру бетона на значительную глубину. Несколько десятилетий назад ученые создали уникальный материал капиллярного (пенетрирующего) действия – «Пенетрон», состав которого обеспечивает защиту бетона от влаги на 100%. Уже первые работы по его применению дали поразительные результаты. Принципиальное отличие системы «Пенетрон» от традиционных методов гидроизоляции в том, что образование гидроизоляционного слоя происходит не на поверхности бетона, а в его массе. Если герметичность обычной пленочной гидроизоляции легко нарушить одним гвоздем, то гидроизоляцию системы «Пенетрон», составляющую с бетоном целостный массив, можно сверлить, бить ковшем экскаватора – защитный слой останется целым. При этом обработка поверхности может проводиться с любой стороны конструкции (в том числе и навстречу течи) и даже на влажном бетоне.

В исходном виде материалы системы «Пенетрон» представляют сухую смесь (по ГОСТ 31357-2007), которую после добавления воды можно наносить кистью на влажную (мокрую!) поверхность бетона. **Действие материала** «Пенетрон» основано на четырех главных принципах: осмос, броуновское движение, реакции в твердом состоянии и силы поверхностного натяжения жидкостей. При нанесении на влажный бетон жидкого раствора материала «Пенетрон» на поверхности создается высокий химический потенциал, при этом внутренняя структура бетона сохраняет низкий химический потенциал. Осмос стремится выравнять разницу потенциалов; возникает осмотическое давление, благодаря которому активные химические компоненты материала мигрируют в структуру бетона на глубину свыше 60 см, а в ряде случаев – до 90 см. Чем выше влажность бетонной структуры, тем эффективнее происходит процесс проникновения активных химических компонентов вглубь бетона. Этот процесс протекает как при положительном, так и при отрицательном давлении воды. Проникнув вглубь структуры бетона, активные химические компоненты материала, растворяясь в воде, вступают в реакцию с ионными комплексами кальция и алюминия, оксидами и солями металлов, содержащимися в бетоне. В ходе этих реакций формируются более сложные соли, способные взаимодействовать с водой и создавать нерастворимые кристаллогидраты. Сеть этих кристаллов заполняет поры, капилляры и микротрещины шириной до 0,4 мм. При этом кристаллы становятся составной частью бетонной структуры. Таким образом, блокировка существующих капилляров продолжается до тех пор, пока частицы материала «Пенетрон» не «прошьют» бетонный массив насквозь [3].

Скорость формирования кристаллов и глубина проникновения активных химических компонентов зависит от многих факторов, в частности от плотности, пористости бетона, влажности и температуры окружающей среды. При исчезновении воды процесс формирования кристаллов приостанавливается, а при появлении воды (например, при увеличении гидростатического давления) – возобновляется, т.е. бетон после обработки материалами системы «Пенетрон» приобретает способность к «самозалечиванию» [3].

На прошедшем в Екатеринбурге международном форуме промышленности и инноваций «Иннопром 2011» специалисты группы компаний «Пенетрон-Россия» впервые представили процесс самозалечивания трещин в бетоне. Эта уникальная съемка продемонстрировала возможности, которая дает добавка «Пенетрон Адмикс». Использование ее на стадии строительства при заливке бетона позволяет придавать бетонной конструкции уникальное свойство самозалечивания трещин, возникающих, например, при усадке здания. Съемка бетонного образца, имеющего трещину раскрытием 0,4 мм, велась на протяжении шести суток. Запись демонстрирует процесс зарастания трещины кристаллами, возникающими при поступлении воды в бетон, который модифицирован добавкой «Пенетрон Адмикс».

Заполненные нерастворимыми кристаллами поры, капилляры и микротрещины не пропускают воду, поскольку в действие приходят силы поверхностного натяжения жидкостей. Сеть объемных кристаллов, запол-

нившая капилляры, препятствует фильтрации воды даже при наличии высокого гидростатического давления. Применение материалов системы «Пенетрон» позволяет повысить показатель водонепроницаемости бетона на шесть и более ступеней, а также увеличивает показатели прочности и морозостойкости бетона. Кроме того, обеспечивает защиту арматуры от коррозии и воздействия агрессивных сред: подземных вод, карбонатов, хлоридов, сульфатов, нитратов и т.д.

Блокируя проникновение воды, кристаллические новообразования не препятствуют проникновению воздуха, позволяя бетону полностью высохнуть, и не дают возможности скапливаться парам влаги. Бетон, таким образом, прекрасно «дышит», что очень важно для «здоровья» как самого здания, так и людей. Не менее важным достоинством является и абсолютная экологическая чистота материала. Материалы системы с успехом используются при устройстве гидроизоляции бассейнов, емкостей для питьевой воды и т.д., имея Технологический регламент, разработанный СРО «РСПППГ» на основании исследований, выполненных: ГУП «НИИЖБ» (г. Москва), ВНИИ «Железобетон» (г. Москва), ГУП НИИ мостов ПГУПС (г. Санкт-Петербург), РФЯЦ-ВНИИТФ (г. Снежинск), ОАО ПТО «Прогресс» (г. Екатеринбург), ОАО «Тюменьдорстрой» (г. Тюмень), ООО Уралстройтест» (г. Екатеринбург), МУП «Казметрострой» (г. Казань) [3].

Для удобства проектной работы ОАО «Центральный научно-исследовательский институт промышленных зданий» (ЦНИИ Промзданий, г. Москва) выпустил издание «Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов» (Шифр М27.16/2008), где собраны проектные решения гидроизоляции основных типичных узлов строительных конструкций. Все проекты издания сертифицированы органом сертификации проектной продукции в строительстве [2. 2009. № 1].

За 50 с лишним лет система «Пенетрон» применялась более чем в 64 странах мира. Двадцатипятилетний российский опыт ее использования на самых ответственных объектах: гидроэлектростанциях и атомных станциях, металлургической, химической, пищевой промышленности, в подразделениях водоканалов и ЖКХ, системах водоподготовки, нейтрализации, очистки крупных промышленных предприятий и т.д. дает все те же убедительные результаты. Система гидроизоляции «Пенетрон» проста в применении, обходится дешевле, чем традиционные гидроизоляционные материалы, а также значительно снижает затраты хозяйств на последующую эксплуатацию и содержание зданий [2. 2009. № 8–9].

Нарушение одного или нескольких этапов строительного цикла приводит к дефектам монолитного железобетона, результатом которых является образование трещин. Разработчиками системы «Пенетрон» предлагается технология герметизации статических и динамических водонесущих трещин с использованием специализированных инъекционных материалов [2. 2010. № 2–3. С. 8, 9]. Например, для решения задачи поверхностной герметизации статической трещины со стороны воздействия агрессивной среды применяются безусадочные сухие смеси совместно с проникающей капиллярной сухой смесью (например «Пенекрит» и «Пенетрон»). А устранение напорных течей можно решить применением материалов: «Ватерплаг» («Пенеплаг»), «Пенетрон» и «Пенекрит» [2. 2010. № 1. С. 34, 35].

Применение сборных железобетонных конструкций при строительстве сооружений водоснабжения и водоотведения приводит к решению задачи герметизации стыков, а также герметизации деформационных швов. Для герметизации деформационных швов применяется материал «Лепта-12А» – двухкомпонентный эластичный герметик, специально разработанный для работы в деформационных швах. Материал обладает высокой адгезией к бетону, прочностью и способен работать в постоянном контакте с грунтовыми водами, слабоагрессивными средами, выдерживать статические и динамические нагрузки. Применения в деформационных швах компенсаторной ленты «Ластина С» позволяет применять ее с практически любыми деформациями. Данная конструкция деформационного шва, имеющая название «Ластина С», получила широкое применение в строительном комплексе России и ближнего зарубежья. «Ластина С» – гибкая полимерная водонепроницаемая лента, армированная металлической сеткой, которая крепится к кромкам деформационного шва с помощью покрытия «Лепта-12А». Компенсатор герметичен, устойчив к воздействию грунтовых вод и других неблагоприятных факторов: озону, ультрафиолетовому излучению, хлоридам, а также способен выдерживать избыточное давление воды до 0,3 МПа. Возможно изготовление компенсатора, способного выдерживать давление воды до 1 МПа [1].

На сегодняшний день во многих краях, областях и регионах России (таких как Свердловская, Челябинская, Иркутская, Самарская, Московская, Тюменская, Томская области, Ставропольский, Краснодарский края и др.) на строительстве и реконструкции зданий и сооружений применяются гидроизоляционные материалы системы «Пенетрон» [2. 2010. № 1–3].

Система материалов «Пенетрон» получила очередное подтверждение высокого качества и уникальных свойств (17.12.2009 г.) на 22-й Международной выставке «Всероссийская Марка (III тысячелетие). Знак качества XXI века» ей был присвоен Золотой знак качества [2. 2009. № 1. С. 4].

С помощью материалов проникающего действия системы решается одна из самых «больных» проблем бетонных конструкций – проникновение влаги и ее разрушительное воздействие на бетонную конструкцию, затрудняющее или делающее невозможным ее дальнейшую эксплуатацию.

Методов и материалов на сегодняшний день известно много, но применение гидроизоляции проникающего действия используется не очень широко в Приморском крае. На территории нашего края из-за метеоусловий в весенне-осенний период отмечается во многих районах наличие верховодки. Применение гидроизоляции системы «Пенетрон» поможет решить многие проблемы при строительстве и реконструкции объектов водоснабжения и водоотведения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подземная гидроизоляция монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций и эксплуатируемых кровель с применением материалов системы «Пенетрон». Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов. Шифр М 27.16/2008 – ОАО ЦНИИПромзданий. М., 2008.

2. Профессиональное издание о гидроизоляционных материалах и технологиях защиты от воды // Сухой закон. 2009. № 1; 8–9; 2010. № 1–3.

3. Технический регламент на проектирование и выполнение работ по гидроизоляции и антикоррозионной защите монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций. 2-е изд., перераб. и доп. М.: РСПППГ, 2008. 64 с.



УДК 628.16.04/.09: 628.113.1

В.Л. Головин

ГОЛОВИН Виктор Леонтьевич – кандидат технических наук, профессор кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).
E-mail: vgolovin.vld@gmail.com

© Головин В.Л., 2012

Особенности использования плавучих водоприемников в системах хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения



В работе приведены основные характеристики плавучего водоприемника, обеспечивающего забор воды из рек с повышенной мутностью. Приводится анализ преимуществ нового технического решения, защищенного патентом РФ на изобретение № 2310726. Основным отличием водоприемника от известных конструкций является применение тонкослойного осадительного модуля в виде горизонтально расположенных трубчатых элементов, что позволяет использовать его на реках с малыми глубинами.

Ключевые слова: забор воды; плавучий водоприемник; очистка воды; тонкослойное отстаивание.

Features of floating intakes in the systems of drinking and industrial water supply. Victor L. Golovin – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

The basic characteristics of the floating water intake providing a fence of water from the rivers with raised turbidity are in-process resulted. The analysis of advantages of the new design protected by the patent of the Russian Federation on the invention 2310726 is resulted. THE BASIC difference of a water intake from known designs is application is thin the layer settling module in the form of horizontally had tubular elements that allows to use it on the rivers with small depths.

Key words: water intake, water intake floating, water purification, thin-layer defending.

Плавучие водоприемники в составе водозаборных гидроузлов традиционно применяются для организации временного водоснабжения или на водоисточниках с повышенным содержанием взвешенных веществ (до 20 г/дм³). Также водоприемники, оборудованные специальными устройствами для предварительного осветления воды, обладают неоспоримым преимуществом, что связано с возможностью седиментационного

удаления из воды основной части (до 80–97%) грубодисперсных примесей уже на стадии водоотбора из реки. Причем такие примеси остаются в реке и уносятся течением из зоны водоотбора, снижая тем самым нагрузку на очистные сооружения по взвешенным веществам. В этом случае отпадает необходимость строительства сложнейших систем водоподготовки по трехступенчатой схеме, которые традиционно создаются для очистки высокомутных вод, в несколько раз сокращается мощность элементов системы переработки и утилизации осадка. По этой причине водозаборные гидроузлы с плавучими водоприемниками-осветлителями вот уже 40 лет широко применяются в южном регионе России (Ставрополье, Кубань, Ростовская область) и странах СНГ.

В сложных гидроморфологических условиях применение плавучих водоприемников зачастую оказывается безальтернативным вариантом организации водоотбора из искусственных и естественных водных объектов. Такие сооружения, в частности, целесообразно применять при относительно слабой несущей способности грунтов береговой зоны, где сложно разместить береговые сооружения гидроузла, или при активной трансформации русловых отложений, а также при существенно и неоднократно изменяющихся уровнях воды при частых ливневых паводках. Причем при прохождении паводков на реках Дальневосточного региона не только существенно повышаются уровни воды, но ее мутность может возрастать до $0,5 \div 2,5$ г/дм³.

В Приморском крае к настоящему времени используется единственный плавучий водоприемник для системы теплоснабжения п. Новошахтинского. Отбор воды осуществляется из «выработанного» угольного карьера с расходом до $8 \div 12$ тыс. м³/сут только в отопительный период. Береговая зона водоема выполнена насыпными неуплотненными грунтами, которые имеют слабую несущую способность, что и предопределило целесообразность использования плавучего водоприемника. Конструктивно он представляет собой смонтированную на понтонной платформе насосную станцию, оборудованную двумя насосами типа АТН, обеспечивающими отбор воды с глубины 17,0 м, а общая глубина водоема составляет более 80,0 м. При удовлетворительном качестве воды, в том числе и по содержанию грубодисперсных примесей (до 14 мг/дм³), отпадает необходимость ее очистки. Понтоны выполнены в виде цилиндрических емкостей, по внешнему контуру покрытых гидрофобным материалом для предотвращения интенсивного обмерзания в холодный период года. Продолжительный (более 4 лет) опыт эксплуатации плавучего водоприемника в п. Новошахтинском показывает, что он обладает достаточно высокой надежностью водоотбора.

Конструктивные особенности известных плавучих водоприемников-осветлителей определяются наличием различных вариантов очистных блоков. Наиболее часто в качестве устройств для седиментационного осветления воды применяются тонкослойные полочные отстойники, смонтированные на понтонах (см. схему). Особенностью осадительных элементов полочных отстойников является расположение параллельных пластин под углом не менее 45° к горизонтальной плоскости. При длине пластин $2,5 \div 3,0$ м конструктивная высота погруженной под уровень воды в реке части водоприемника составляет не менее $3,0 \div 4,0$ м. Это условие привносит определенные ограничения на применение водоприемников с тонкослойными отстойниками, поскольку глубина воды в водном объекте, в том числе и в межсезонные периоды, должна превышать указанную величину. Таким образом, для организации водозабора из малых и средних рек практически исключается возможность использования водоприемников-осветлителей из-за недостаточной глубины.

Указанный конструктивный недостаток водоприемников-осветлителей может быть исключен при выполнении осадительных элементов отстойника в виде горизонтально располагаемых труб с перфорацией в их верхней и нижней частях. Такой вариант компоновки, предложенный в техническом решении по патенту РФ № 2310726, позволил существенно расширить диапазон условий применения таких водоприемников.

В тонкослойном осветлительном модуле горизонтальные перфорированные трубы установлены в корпусе в шахматном порядке. Между их внешними стенками образован зазор зигзагообразной формы. Причем гидравлическое сопротивление перфорации труб и зазора превышает гидравлическое сопротивление внутренней полости этих труб. Такое соотношение гидравлических сопротивлений предотвращает проточность очищаемой воды в зазоре с внешней стороны труб, в котором происходит только перемещение взвеси, попадающей в зазор через перфорацию, а транспортирование очищаемой воды обеспечивается только во внутренней полости труб.

Вода из реки поступает в водоприемную камеру 1 через горизонтальную решетку 2, установленную в донной части камеры 1, образуя восходящий поток за счет напорного градиента – разности уровня воды в реке и сборной емкости 6, из которой осуществляется отбор воды насосом 10. Горизонтальное расположение решетки 2 и подвод воды из реки снизу вверх исключает поступление в водоприемную камеру значительной части механических загрязнений, осаждающихся непосредственно в реке. В нижней части водоприемной камеры 1 размещены свободно перемещающиеся шарообразные элементы 3 диаметром $20 \div 30$ мм, выполненные из материала с плотностью большей плотности воды, например из полистирола, плотность которого составляет $1,10$ кг/дм³, или из полиуретана, имеющего плотность $1,21$ кг/дм³. Такие материалы можно считать инертными по отношению к загрязнениям, содержащимся в воде. Это наряду с трением поверхностей

шарообразных элементов друг о друга исключает существенное налипание загрязнений и изменение их массы. Наличие шарообразных элементов в водоприемной камере защищает систему от попадания в нее мальков рыб, поскольку шарообразные элементы представляют собой механическое препятствие для рыбы, и при изготовлении их, например из полиуретана, они достаточно компактно концентрируются в донной части камеры вблизи решетки.

Водоприемная камера 1 может быть оснащена системой дозирования и ввода реагентов, в частности, над камерой могут размещаться расходные емкости 7 реагентов, которые самотеком или, например, с помощью насоса-дозатора 8 подаются в нижнюю часть водоприемной камеры в зону над горизонтальной решеткой. Для более равномерного ввода реагентов трубопровод соединен с распределительной системой, например с перфорированным патрубком. Наличие в водоприемной камере шарообразных элементов при подаче реагентов в эту же зону позволяет повысить эффективность их перемешивания с обрабатываемой водой за счет активного возвратно-поступательного перемещения шарообразных элементов 3 в восходящем потоке обрабатываемой речной воды. Таким образом, нижняя часть водоприемной камеры выполняет функцию смесителя, а в верхней части в восходящем потоке речной воды, смешанной с реагентами, обеспечивается достаточно активная агломерация мелкодисперсной взвеси – хлопьеобразование, что позволяет повысить эффективность очистки воды в осветлительном тонкослойном модуле.

Из водоприемной камеры 1 вода, смешанная с реагентами, через водосливную стенку поступает в тонкослойный осветлительный модуль, состоящий из горизонтально расположенных труб 5 со щелевой перфорацией в их нижней и верхней частях по всей длине. Ширина щелей должна быть не более $5 \div 7$ мм для соблюдения условия оптимального соотношения гидравлических сопротивлений. Устьевые участки труб 5 закреплены в вертикальных перегородках 4, и вода из водоприемной камеры поступает только в трубы 5. Горизонтальные трубы устанавливаются в корпусе в шахматном порядке, что обеспечивает наибольшую компактность расположения труб. При этом конструктивная высота тонкослойного модуля оказывается наименьшей, что дает возможность использовать водозабор на водоисточниках с малыми глубинами при высоком эффекте очистки воды. В частности, при расположении труб в два-три яруса максимальная конструктивная высота водоприемника не превышает 0,7 м. Следовательно, обеспечение штатного режима эксплуатации его будет в основном зависеть от условий образования и мощности ледяного покрова в зимний период.

Горизонтально установленные трубы 5 тонкослойного модуля могут быть прямоугольного сечения и выполняться, например, из уголков, причем для облегчения конструкции уголки должны быть выполнены из металла толщиной не более 1 мм. Такие уголки закрепляются на коротких опорных кольцах, установленных по длине внутри труб с определенным шагом. Причем кольца, на которых закрепляются уголки, образующие трубы прямоугольного сечения, должны иметь такой диаметр, чтобы по всей длине уголков оставалась

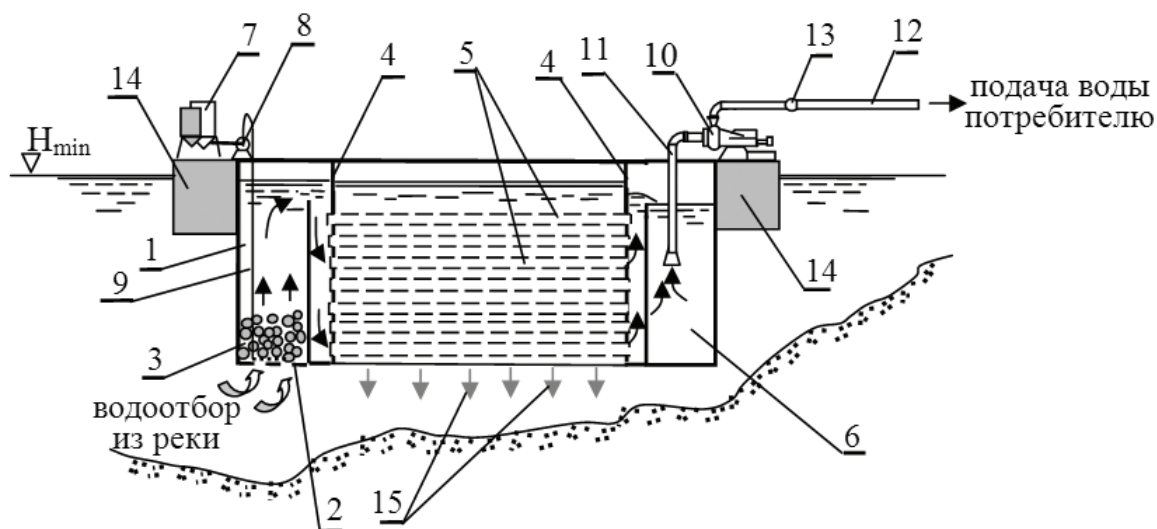


Схема плавучего водоприемника-осветлителя с тонкослойным отстойником:

1 – водоприемная камера; 2 – горизонтальная решетка в донной части для подвода воды из водоисточника; 3 – подвижные шарообразные элементы, выполняющие функцию рыбозащиты; 4 – вертикальные перегородки; 5 – горизонтально расположенные перфорированные трубы тонкослойного осадительного модуля; 6 – сборная емкость; 7 – расходные емкости реагентов; 8 – насос-дозатор; 9 – трубопровод подачи реагентов; 10 – насос; 11 – всасывающий трубопровод; 12 – подающий трубопровод; 13 – шарнирное соединение; 14 – понтоны; 15 – направление движения примесей, выделенных из воды в тонкослойном трубчатом модуле через открытое днище в реку.

щель (щелевая перфорация) в нижней и в верхней части. Это позволяет отводить загрязнения как с отрицательной, так и с положительной гидравлической крупностью. Размер труб (длина и внутренний размер по диагонали) определяется в зависимости от гидравлической крупности и концентрации осаждаемой взвеси и при длине, например, до 2÷3 м размер по диагонали каждой из труб может приниматься до 100÷120 мм.

Вода с укрупненными хлопьями взвеси, поступая в горизонтальные перфорированные трубы тонкослойного модуля, освобождается от загрязнений, осаждающихся на внутренних стенках труб 5. Осадок постепенно сползает по этим стенкам в направлении, нормальном движению потока очищаемой воды без взмучивания, и через щели удаляется за пределы труб в зигзагообразный зазор, сообщенный с рекой. Поскольку при такой схеме отвода осадка из труб не допускается смешивание выделенных из воды загрязнений с очищаемой водой, проходящей только в горизонтальных трубах модуля, достигается максимальный эффект очистки. Всплывающие в горизонтальных трубах модуля загрязнения через щели также попадают в зигзагообразный зазор, по которому они перемещаются в верхнюю часть тонкослойного осветлительного модуля, где должен размещаться сборный лоток (условно не показан), обеспечивающий периодическое удаление этих загрязнений за пределы водозаборного устройства. По опытным данным гидравлическая крупность частиц, задерживаемых в трубчатом осветлителе, при температуре воды 15 °С составляет 0,12÷0,15 мм/с и выше, что вполне согласуется с данными по полочным отстойникам.

Режим движения воды в горизонтальных перфорированных трубах, как и в любом отстойнике, должен быть близок к ламинарному. В осветлительном модуле трубы 5 должны работать относительно равномерно, что определяется одинаковым для каждой из труб модуля градиентом напора – разности уровней на водосливных стенках смежной с водоприемной камеры 1 и смежной со сборной емкости 6. Из сборной емкости осветленная вода отбирается насосами 10, которые обеспечивают подачу ее по напорному трубопроводу 12 потребителю или на сооружения глубокой очистки воды.

Таким образом, плавучий водоприемник-осветлитель обеспечивает высокий эффект удаления взвешенных в воде загрязнений за счет реагентного отстаивания, при возможности использования устройства на водоисточниках с малыми глубинами за счет снижения вертикальных габаритов установки при применении тонкослойного трубчатого модуля с горизонтальным расположением труб.



УДК 628.543+315.2

И.П. Резник

РЕЗНИК Иван Петрович – ведущий специалист (Росводоканалналадка, Владивосток).

E-mail: zemlyanoy41@list.ru

© Резник И.П., 2012

Локальные очистные сооружения Астра 150 Лонг



Приводятся сведения о локальных очистных сооружениях сточных вод типа Астра 150 Лонг, выпускаемых компанией SBM group. Отмечается, что основным достоинством сооружений является использование в них принципа SBM-реактора. Наряду с достоинствами отмечены и недостатки этих сооружений, выявленные в ходе пусконаладочных работ и при эксплуатации. Указана целесообразная область применения сооружений типа Астра Лонг.

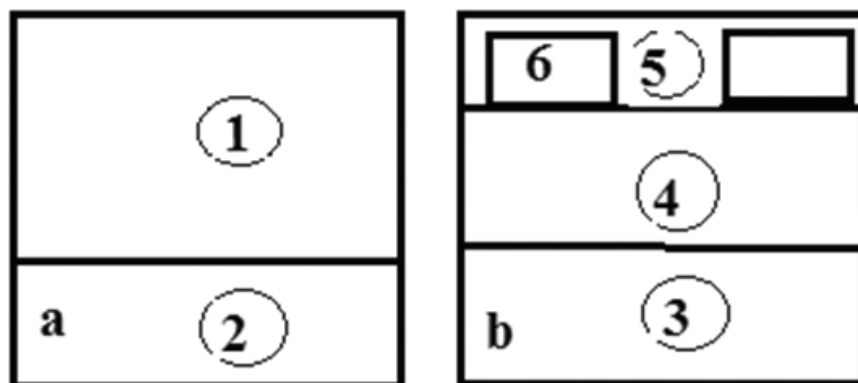
Ключевые слова: сточные воды, очистные сооружения, эксплуатация, наладочные работы, конструкция.

Local sewage Astra 150 Long. Ivan P. Resnik (Rocvodokanalnaadka, Vladivostok).

This article contains information about the local wastewater treatment plants such as Aster 150 Long, produced by SBM group. It is noted that the main buildings is the use of dignity in them the principle of SBR-reactor (Sequence Bath Reactor). Presents the advantages and disadvantages of these structures identified during start-up commissioning and operation of these facilities. Suitable specified scope of works such as Astra LONG. Designed for employees of private information on to the design organizations, teachers, students and graduate students.

Key words: wastewater, treatment plant, operation, operations, design.

Компания «SBM Group» выпускает несколько типов локальных очистных сооружений «Юнинос» серий «Астра», «Циклон» и «Скарабей». Производительность таких сооружений варьирует от одного до тридцати кубических метров в сутки. Астра 150 Лонг является самым большим типоразмером по производительности данной серии очистных сооружений и обрабатывает до 30 м³/сут хозяйственно-бытовых сточных вод.



Принципиальная схема установки, состоящей из двух емкостей «а» и «б». 1 – усреднитель; 2 – минерализатор; 3 – аэротенк; 4 – вторичный отстойник; 5 – емкость очищенных вод; 6 – керамзитовый фильтр

Установка (см. рисунок) состоит из двух емкостей «а» и «б». Перекачка сточных вод из емкости «а» в емкость «б» и наоборот осуществляется эрлифтом. Сначала вода самотеком либо под напором поступает в усреднитель 1, до определенного уровня, затем перекачивается эрлифтом в аэротенк 3, где происходит биологическая очистка сточных вод. Из аэротенка 3 смесь ила и сточной воды эрлифтом перекачивается во вторичный отстойник (ВО) 4. Избыточный активный ил перекачивается эрлифтом из аэротенка 3 в минерализатор 2, где происходит его обработка до превращения в удобрение. Во вторичном отстойнике происходит отстаивание и деление субстрата на две фазы: на ил и на очищенную сточную воду. Осевший ил под гидростатическим давлением возвращается в аэротенк 3. Далее вода самотеком поступает на керамзитовый фильтр 6. После фильтра вода самотеком поступает в емкость очищенных вод 5, где расположен насос, перекачивающий очищенную сточную воду. Осадок из минерализатора откачивается вакуумной машиной и вывозится в согласованное место.

В установках Астра 150 Лонг использованы следующие инженерные решения.

1. Принцип SBR-реактора, т.е. в одной емкости осуществляется несколько процессов: аэрация–отстаивание–отвод очищенной воды. SBR технология (SBR – Sequence Bath Reactor, реактор переменного действия) является одним из наиболее перспективных направлений в области биологической очистки сточных вод. В отличие от традиционных методов, при которых вода протекает через несколько емкостей различного назначения, в реакторах переменного действия все этапы очистки проходят последовательно в одной емкости – биореакторе. При этом сооружения могут иметь различную конфигурацию. Самым простым вариантом SBR технологии является комбинация из одного биореактора и предварительного накопительного резервуара, необходимого для приема стоков в то время, когда в реактор нельзя подавать неочищенную воду (во время отстаивания и слива очищенной воды). Наиболее распространены схемы с одним накопителем и двумя или тремя биореакторами. Одно из ключевых достоинств SBR-реактора – из него не происходит вымывание биомассы и легче осуществляется контроль за концентрацией активного ила. Ориентировочное время аэрации сточных вод на установке Астра 150 Лонг – 5 часов.

2. Мембранные (пленочные) аэраторы АТЕ-65 выдают мелкопузырчатую аэрацию. Достоинство – высокая степень растворимости кислорода в стоках, а значит, меньшая потребность в подаваемом кислороде. После отключения компрессора все поры пленочного мембранного аэратора под действием давления воды закрываются, и пленка обволакивает остов элемента, что не допускает проникновения жидкости внутрь станции. При подаче воздуха пленка раздувается, раскрывая поры. Необходимо отметить, что во время первого запуска и последующей эксплуатации пластмассовые крепления показали свою ненадежность, из-за чего происходило неоднократное всплытие аэраторов. При попадании в стоки каких-либо предметов неорганического происхождения происходил порыв аэраторов.

3. Релейно-поплавковое управление клапанами подачи воздуха. Подача воздуха осуществляется двумя фазами – прямой и обратной. При прямой фазе происходит аэрация аэротенка, идет подача воздуха на эрлифт

перекачки стоков из усреднителя в аэротенк, из аэротенка в ВО, включена аэрация минерализатора. При обратной фазе осуществляется накопление воды в усреднителе, включена аэрация в усреднителе, включен эрлифт подачи избыточного ила из аэротенка в минерализатор, аэрация в аэротенке выключена. Достоинства системы релейно-поплавкового управления клапанами прямой и обратной фаз заключается в рациональном подходе к расходованию воздуха. На данных сооружениях используется четыре воздуходувных агрегата марки Niblow 200 л/мин.

4. Емкости «а» и «б» изготовлены из полипропилена. К достоинствам следует отнести небольшой вес емкостей, легкость их очистки, большую долговечность по отношению к износу и коррозии по сравнению с другими материалами. К недостаткам можно отнести неудовлетворительную жесткость конструкции, вследствие чего перегородки внутри сооружений подвергаются сильной деформации, некоторые стыки по истечении нескольких месяцев в результате статических и динамических нагрузок разрушаются и требуют немедленного ремонта.

5. Все трубопроводы изготовлены из прямых участков полипропиленовых труб, соединенных в местах изгибов и переходов гибкими трубками. Простое техническое решение, удешевляющее и упрощающее монтаж очистных сооружений, обладают одним недостатком – с течением времени воздуходувные агрегаты имеют свойство нагреваться, повышая при этом подаваемый воздух и трубки, в результате чего они размягчаются, теряют упругость, деформируются и создают участки сужения потока, что вызывает уменьшение подачи воздуха, а иногда и полное ее прекращение на отдельных участках очистных сооружений.

К основным достоинствам локальных очистных сооружений следует отнести высокое качество комплектования заводом изготовителем; автоматическое управление сооружениями; снижение SBR-реактором выброса биомассы до минимума; коррозионную стойкость материала, из которого изготовлена емкость; высокую энергоэффективность очистных сооружений.

В ходе пусконаладочных работ и во время эксплуатации очистных сооружений выяснилось, что даже при очень высокой концентрации и осаждаемости активного ила в реальных условиях показатели очистки сточных вод далеки от заявленных фирмой-производителем ($BPK_5 = 3$ мг/л, $BV = 3$ мг/л) и составляли по $BPK_5 = 10-15$ мг/л, $BV = 10-15$ мг/л. Очистные сооружения не снабжены ловушками бытового мусора, что усложняет их эксплуатацию. Единственной мерой, примененной для борьбы с твердыми бытовыми отходами, является перфорированная пластмассовая труба, установленная на эрлифте в усреднителе, которая во время эксплуатации постоянно забивается. При поступлении на очистные сооружения проектного количества (30 м³/сут.) сточных вод с концентрацией по BPK_5 , превышающей 200 мг/л, происходит оседание биомассы в SBR-реакторе. К другим недостаткам следует также отнести ненадежное крепление аэраторов и одноразовое использование керамзитовой загрузки. Какая-либо промывка фильтра не предусматривается, а регенерация фильтра производится путем замены фильтрующего материала. Каркас фильтра, выполненный из полипропилена, под тяжестью загрузочного материала из-за деформации приходит в негодность. Также удаление всплывших органически неокисляемых веществ в сооружении происходит крайне затруднительно в связи со стесненными условиями.

В целом очистные сооружения показали свою полную работоспособность и пригодность для очистки, несмотря на то что заявленные заводом-изготовителем возможности по степени очистки сточных вод превышают их реальные. Очистные сооружения хорошо себя показывают на легких стоках с минимальным содержанием твердых примесей и включений. Больше всего они подходят для очистки сточных вод частных домов с невысокими концентрациями загрязняющих веществ.

При очистке сточных вод от административных объектов Астра 150 Лонг показывает гораздо худший результат в связи с большей загрязненностью стоков, в которых BPK_5 доходит до 400 мг/л. Сооружения тяжело переносят какие-либо разбавления хозяйственно-бытовых сточных вод дождевыми, грунтовыми и промышленными стоками. Сезонная эксплуатация очистных сооружений нежелательна, так как приводит к большой деформации каркаса и износу аэрационной системы сооружений. Следует учитывать также тот факт, что время их вывода на показатели нужной степени очистки составляет от одного месяца и более в зависимости от различных условий их работы.



УДК 621.9.01: 658.512

Д.О. Дергунов, Е.А. Старков, Ю.П. Яценко

ДЕРГУНОВ Дмитрий Олегович – инженер НОЦ «Деревянное инновационное домостроение» Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: dima-festu@mail.ru, СТАРКОВ Евгений Александрович – инженер НОЦ «Деревянное инновационное домостроение» Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: star-k-off8@ya.ru, ЯЦЕНКО Юрий Петрович – директор УЦДО «Деревообработка» Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: www.dvfu@ya.ru.

© Дергунов Д.О., Старков Е.А., Яценко Ю.П., 2012

Инновационная технология деревянного модульного домостроения



Предлагается инновационная технология модульного домостроения, в основе которой – создание в заводских условиях и монтаж на месте деревянных пространственно-жестких каркасных панелей. Описываются ее особенности и преимущества. Приведены примеры применения клеефанерных балок и представлена диаграмма очередности монтажа здания на стройплощадке в течение 12–15 дней.

Ключевые слова: модульное домостроение, клееный брус, каркасная конструкция, клеефанерная балка, монтаж здания.

Innovative technology wooden modular housing construction. Dmitry O. Dergunov, Evgeny A. Starkov, Yury P. Yacenko – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

Innovative modular construction of houses proposed in this paper. Describes the features of the proposed technology and its benefits. Examples of the use composite beams and a diagram of sequence assembly building at the site for 12-15 days. The basis of our proposed technology creation of the factory and installation of wooden, stiff space skeleton panels on a building site.

Key words: modular building, glued beam, skeleton construction, composite beam, installation of building.

Предлагаемая новая концепция жилых зданий* существенно отличается от принятой на сегодня. Прежде всего тем, что силовой каркас здания выполнен из клееного бруса различного сечения (в зависимости от климатической зоны), это позволяет увеличить этажность до трех-четырёх этажей.

Продольные и угловые связи горизонтальной обвязки выполнены в четверть, вертикального с горизонтальным – шип-паз, что создает жесткий каркас, воспринимающий до 90% эксплуатационной нагрузки.

Балки перекрытия пола первого и второго этажа представляют собой клеефанерную конструкцию двутаврового сечения, максимально удобную для монтажа как по звуко- и теплоизоляции, так и для настила пола без лаг и монтажа подволака.

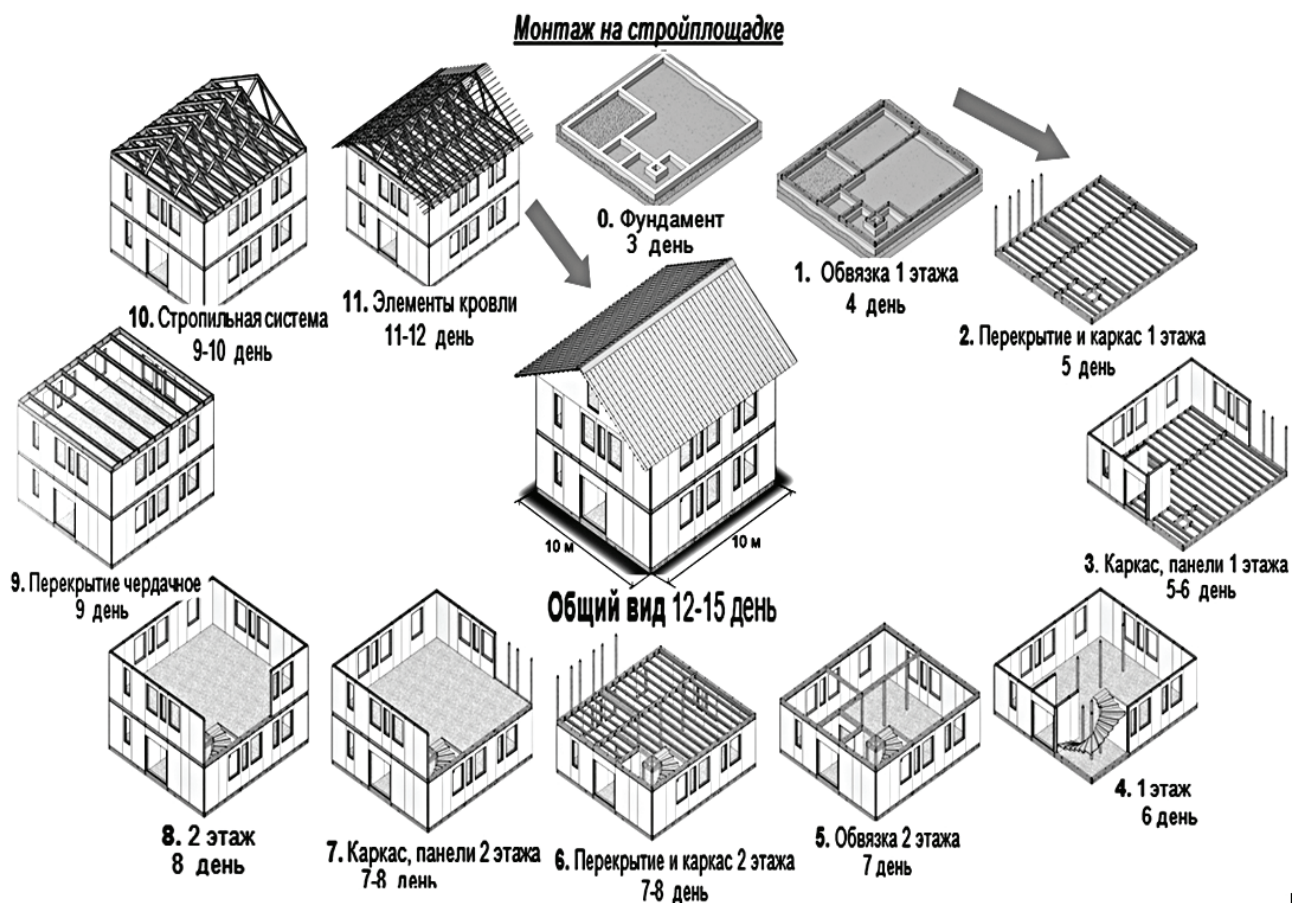
Стропильные конструкции выполнены также из клеефанерных элементов швеллерного и таврового сечения высотой 200 мм. Затяжки рамы стропильной системы являются балками перекрытия этажа, что значительно снижает материалоемкость, трудозатраты и стоимость конструкции. Все деревянные конструкции покрываются антисептическими и огнезащитными средствами в заводских условиях (в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11 – 85 и СНиП 2.01.02 – 85).

Кровля выполняется с обязательным вентилируемым зазором. Кровельным материалом может служить любой из материалов, представленных на рынке, но при этом обязательно соблюдение технологии монтажа (см. рисунок).

Применение клеефанерных конструкций швеллерного и двутаврового сечения для балок и строительных рам дает значительное снижение объемов применяемой древесины (офис «Камацу» г. Южно-Сахалинск, $S = 180 \text{ м}^2 - 16,3 \text{ м}^3$) и в конечном итоге – затрат на строительство.

Все комплектующие поступают на строительную площадку со стопроцентной заводской готовностью, высокой степенью точности размеров и формы и не требуют никакой доработки, что увеличивает скорость монтажа единичного дома площадью 50–80 м² до 35–40 дней.

* Учитываются: СНиП 2.03.11 – 85 «Защита строительных конструкций от коррозии», СНиП 2.01.02 – 85 «Противопожарные нормы», СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», СНиП 2.08.01-89 «Жилые здания».



На основании проведенных исследований конструктивных решений мансардных этажей сконструирована рама мансардного этажа, состоящая из клефанерных профилей в виде двутавра и швеллера. Сопряжение элементов между собой жесткое, как и сопряжение рамы с нижней затяжкой. Применение клефанерной рамы в этих конструкциях вместо дощатых или брусчатых позволяет отказаться от дефицитных длинномерных брусков либо от сложных устройств, предотвращающих образование «мостиков холода». Кроме того, клефанерные рамы позволяют существенно упростить и удешевить монтаж.

Выполненные нами работы показали, что клефанерная балка высотой сечения 200 мм и фанерной стенкой 10 мм, поясами сечения 43x43 мм, при пролете 6,0 м способна воспринимать нагрузки, предусмотренные СНиПом для жилых помещений. На основании проведенных исследований были разработаны технические условия на изготовление клефанерных балок, предназначенных для перекрытия зданий. Шаг балок назначается в каждом конкретном случае в зависимости от величины действующей нагрузки и пролета. Эти же балки могут применяться и в качестве строительных конструкций. Для оптимизации конкретных решений можно также варьировать размеры поясов и толщину стенки.

Для обеспечения долговечности балок они должны хорошо проветриваться, защищаться от капиллярного и конденсатного увлажнения. Использование клефанерных балок позволяет упростить конструкции перекрытий и значительно уменьшить трудоемкость их изготовления за счет отказа от применения лаг. Кроме того, благодаря малому весу существенно упрощается монтаж всего перекрытия.

Каркасно-панельное домостроение является основным типом малоэтажного строительства. Этот тип технологии подходит для широкого диапазона климатических зон. В основе предлагаемой нами технологии лежит создание в заводских условиях и монтаж на месте деревянных, пространственно-жестких каркасных панелей. Каркасом для этих панелей служат клефанерные элементы различного сечения (двутавровое, зетобразное, двойное зетобразное) и покрытие OSB, фанерой, ГВЛ, с эффективным утеплителем и пароизоляцией. Такое конструктивное решение обеспечивает гарантированную жесткость и прочность панели, которая служит и несущим элементом – каркасом, и ограждающей конструкцией.

Таким образом, разработана принципиально новая пространственная схема деревянного дома, в котором возникающие нагрузки на 90% воспринимает каркас из клееных брусков и только 10% – на ограждающие конструкции. Основа силового каркаса дома – клефанерные профили различного сечения и клееный брус.

Несущий каркас панели представляет собой жесткую раму, состоящую из клефанерных балок различного профиля и сечения. Пространственную жесткость раме придают продольные и поперечные клефанерные элементы. С наружной стороны панель обшивается листом OSB толщиной 9 мм, с внутренней – двумя листами ГВЛ или фанеры ФСФ.

Для различных климатических зон толщина панели и вид утеплителя определяются теплотехническим расчетом. Размер панели 1200 x 2400 мм обусловлен стандартными листами OSB и ГВЛ. При необходимости увеличения высоты добавляются доборные элементы.

Основные преимущества предлагаемых конструкций:

- малая материалоемкость и поэтому малая деформативность от влажностных воздействий, что особо важно в районах с влажным климатом;
- стопроцентная заводская готовность конструктивных элементов здания;
- относительно низкая себестоимость конструктивных элементов;
- простая технология изготовления и несложное производственное оборудование;
- элементы дома имеют малый вес и не требуют грузоподъемной техники при монтаже;
- сборка на строительной площадке дома в 100 м² выполняется за 10–20 дней, что резко сокращает стоимость строительства и сроки ввода дома в эксплуатацию;
- позволяют применять различные архитектурные решения;
- обладают полной унификацией.

Относительными недостатками системы можно считать следующие:

- психологическая неготовность заказчиков к освоению и использованию инноваций;
- особенности архитектурно-строительной системы требуют индивидуального проектирования для каждого заказчика специально подготовленным конструктором производителя.

При оценке качества жилья в мировой практике принято пользоваться коэффициентом комфортности. Сущность этого показателя – произведение коэффициента теплопроводности на коэффициент комфортности строительного материала K1 (для дерева K1 = 1,0; железобетон – 20,0; кирпич – 10,0–12,0).

Кроме того, деревянные стены являются фильтрующими, в отличие от кирпичных и других стройматериалов, а это идеальная комфортность – решающая проблемы вывода антропоксинов (веществ жизнедеятельности человека: сероводород, аммиак, оксиды углерода, азота, цинка и др.).



УДК 69.059.3:624.012

Е.Н. Вершинина

ВЕРШИННИНА Елена Николаевна – старший преподаватель кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).

© Вершинина Е.Н., 2012

Усиление ребристых плит производственных зданий



Представлено развитие метода усиления ребристых плит производственных зданий. При его использовании с помощью гибкой напрягаемой нити в плитах создается разгружающее усилие. Новый вариант этого метода усиления отличается иным расположением конструктивных элементов для разгрузки.

Ключевые слова: усиление, ребристые плиты, гибкая напрягаемая нить, разгрузка.

Reinforcement of ribbed slabs for factory buildings. Elena N. Vershinina – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

This article is about development of reinforcement method for ribbed slabs for factory buildings. The proposed method creates uplift load for this slabs with the using of flexible tense thread. New version of reinforcement method is remarkable for another arrangement of structure elements for unloading.

Key words: reinforcement, ribbed slabs, flexible tense thread, unloading.

Удовлетворительное техническое состояние конструкций одноэтажных производственных зданий не перестает быть актуальным, поскольку объекты, построенные в 1960–1970-е и последующие годы, в настоящее время продолжают эксплуатироваться – иногда по прямому назначению, чаще с изменением их функции.

В течение многих лет коллектив преподавателей, сотрудников и студентов кафедры строительных конструкций и материалов Дальневосточного государственного технического университета им. В.В. Куйбышева (Инженерная школа ДВФУ, кафедра строительства и управления недвижимостью) проводил обследования несущих и ограждающих конструкций промышленных предприятий [2–4]. На основании полученных результатов анализировались причины износа конструкций, разрабатывались мероприятия по их предотвращению и рекомендации по реконструкции, в частности производилось усиление железобетонных конструкций.

Обследования показали, что на многих объектах наибольшему повреждению и разрушению подверглись ребристые плиты покрытия. Это объясняется многими причинами: неудовлетворительным состоянием кровель из-за их некачественного выполнения и неграмотной эксплуатации; неблагоприятным температурно-влажностным режимом внутренних помещений, который связан с технологическими процессами; неточностями монтажа; изменением нагрузок и другими факторами. Для этих конструкций был предложен вариант усиления гибкой напрягаемой нитью [1]. Надо отметить, что для подобных конструкций существует множество способов усиления, но большинство из них оказались неприемлемыми по разным причинам: высокая материалоемкость (при подводке под ребра плит прокатных профилей); трудоемкость выполнения работ (при наращивании сечения продольных ребер снизу); необходимость пробивать полку плиты и нарушать кровлю (при усилении шпренгелем).

В предложенном нами варианте разгрузка плит создается напряжением гибкой нити, которая через две вертикальные стойки передает на усиливаемую конструкцию усилие P , уменьшающее изгибающий момент и поперечную силу в плите. Это усилие можно регулировать варьированием параметров: диаметра и класса арматурных стержней – гибких нитей, высоты стоек и их расположением. Усиление было реализовано на ряде объектов, натяжение нити создавалось электротермическим методом.

Позднее этот вариант был усовершенствован путем изменения количества вертикальных стоек, передающих на плиту разгружающие усилия. Вариант усиления с тремя стойками упрощает натяжение нити, которое может осуществляться с помощью подвешивания грузов. Такой вариант позволяет более точно вписаться разгружающей эпюре в параболическую форму эпюры изгибающих моментов от внешней нагрузки.

По аналогии с двухстоечным вариантом [1] были просчитаны варианты параметров усиления: диаметров и классов арматуры нити, высоты стоек и их расположения. Кроме того, рассмотрены и рассчитаны пятистоечная и семистоечная схемы усиления. На основании полученных данных имеется возможность применить необходимый вариант усиления в зависимости от остаточной прочности плиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамчик А.К., Вершинина Е.Н. Усиление ребристых плит с помощью гибкой напрягаемой нити. Приморский ЦНТИ. ИЛ 15–92. Владивосток, 1992. 4 с.
2. Повышение долговечности и совершенствование строительных конструкций в условиях Приморского края / под ред. П.П. Ступаченко. Вып. 3. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1989. 86 с.
3. Повышение долговечности и совершенствование строительных конструкций на предприятиях Приморского края / под ред. П.П. Ступаченко. Вып. 4. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1991. 108 с.
4. Рекомендации по усилению, восстановлению и технологии строительных конструкций на предприятиях Приморского края / под ред. П.П. Ступаченко. Вып. 1. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1987. 76 с.



УДК 691.11: 674

Н.А. Воронцова, Н.В. Филатов, Е.Г. Шестопалов

ВОРОНЦОВА Наталья Анатольевна – доцент кафедры математического моделирования и информатики Школы естественных наук (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: vorontsova54@mail.ru, ФИЛАТОВ Николай Валерьевич – студент (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: n.filatov.90@mail.ru, ШЕСТОПАЛОВ Евгений Георгиевич – старший преподаватель кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток. E-mail: dvgtu.skim@gmail.com

© Воронцова Н.А., Филатов Н.В., Шестопалов Е.Г., 2012

Использование клеефанерных элементов с перфорированными стенками в конструкциях малоэтажных деревянных зданий



Рассматривается возможность решения проблемы обеспечения населения России малоэтажным жильем. Удешевить это строительство можно применением в строительных конструкциях клеефанерных элементов двутаврового сечения. Для упрощения технологии изготовления и снижения их стоимости решено отказаться от стыковки фанеры стенок. Ранее подобная задача для клеефанерных балок не рассматривалась и не решалась.

Ключевые слова: доступное жилье, клеефанерные элементы, строительные конструкции, расчетная схема, метод фотоупругости.

Use of cell kleefanerh with perforated walls in building structures low-rise wooden. Natalia A. Vorontsova, Nikolay V. Filatov, Evgeniy G. Shestopalov – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

The authors consider the possibility of solving the problem of Russia's population housing low-rise construction. Reduce the cost of this construction can use in building constructions kleefanerh elements of I-section. To simplify the manufacturing technology and reduce the cost of joining decided to abandon the plywood walls. Previously, a similar problem for kleefanerh beams was not considered and solved.

Key words: affordable housing, kleefanerh elements, building construction, design scheme, the method of photoelasticity.

Проблема обеспечения населения России доступным по стоимости жильем на сегодняшний день является одной из наиболее актуальных. На ее решение направлена Федеральная целевая программа «Жилище» на 2002–2010 гг. Одним из путей решения этой проблемы является малоэтажное строительство, при котором для междуэтажных перекрытий могут использоваться сборные и монолитные железобетонные плиты различных конструктивных решений (со съёмной и несъёмной опалубками), перекрытия по стальным и деревянным балкам [1–7]. Наиболее экономичным является применение в конструкциях междуэтажных перекрытий клеефанерных балок двутаврового сечения, поскольку в них наиболее рациональным образом распределяется материал по высоте сечения. Выполненные расчеты, при существующем уровне цен на стальной прокат и древесину, показали меньшую стоимость клеефанерных балок по сравнению со стальными балками и балками прямоугольного сечения из цельной древесины при одинаковой несущей способности. Проведенный нами экономический анализ показал, что эффективность этих балок возрастает с увеличением длины перекрываемого пролета.

Клеефанерные балки успешно применяются в конструкциях покрытий зданий различного назначения начиная с 1930-х годов. В конце XX в. при устройстве опалубки в монолитном домостроении стали использовать балки двутаврового сечения с поясами из деревянных брусков и стенками из древесно-стружечных плит. Отмечено также использование клеефанерных балочных элементов небольшого сечения в стропильных конструкциях скатных кровель и в перекрытиях малоэтажных зданий.

В процессе изготовления клеефанерных балок возникает необходимость сращивания (увеличения длины) фанерных листов, образующих их стенки, поскольку по существующему сортаменту длина фанерных листов, которые могут быть использованы для этой цели, не превышает 2440 мм. Процесс сращивания фанеры очень трудоемок, требует использования специального оборудования, а надежность стыка

не всегда соответствует требуемым параметрам. Для упрощения технологии изготовления клефанерных балок перекрытия решено отказаться от сращивания фанеры стенок, komponуя их сечение фрагментами стенки, оставляя между ними зазоры. Это позволит существенно снизить стоимость балок, сделать их еще более технологичными и конкурентноспособными. Величина этих зазоров может быть минимальной (плотный контакт фрагментов стенки) или достигать определенной величины, при которой они начнут оказывать возрастающее влияние на несущую способность балочного элемента.

Ранее подобная задача для клефанерных балок не рассматривалась и не решалась: для расчета клефанерных балок с прерывистыми (перфорированными) стенками нормативная литература отсутствует. Проведенный нами патентный поиск за 5 лет не выявил наличия таких конструкций. Некоторым аналогом могут служить выпускаемые за рубежом балки со стенками из плоских древесно-стружечных плит OSB, в которых проделаны отверстия для пропуска технологического оборудования.

Предлагаемый клефанерный строительный элемент может состоять из одной или нескольких размещенных на определенном расстоянии друг от друга фанерных стенок. По верхним кромкам этих стенок наклеиваются деревянные бруски, образующие полки сечения. Полки соседних стенок также склеиваются между собой, образуя хорошо препятствующую скручиванию жесткую конструкцию. По длине элемента фанерные стенки прерываются зазорами без сращивания листов по длине. Эти зазоры могут быть как минимальными, так и определенных размеров, зависящих от назначения конструкции, которую komponует строительный элемент. Зазоры в сечении между стенками строительного элемента позволяют создавать несложные узловые соединения создаваемых из этих элементов строительных конструкций. Стенки строительных элементов для обеспечения устойчивости усиливаются ребрами жесткости. За счет отсутствия трудоемкой и технологически сложной операции сращивания (увеличения длины) фанерной стенки, простоты узловых соединений создаваемых конструкций предлагаемый строительный клефанерный элемент становится высокотехнологичным.

С целью разработки расчетной схемы предлагаемого высокотехнологичного клефанерного элемента строительных конструкций изучены расчетные схемы следующих видов балочных конструкций «сквозных сечений» из традиционных материалов:

- металлические балки двутаврового сечения со сплошной стенкой;
- металлические балки двутаврового сечения с перфорированной стенкой;
- железобетонные решетчатые балки;
- железобетонные безраскосные фермы;
- деревянные балки составного сечения с соединением на шпонках и пластинчатых нагелях.

Достаточно широко используются в строительстве стальные балки с перфорированными стенками, изготавливаемые из прокатных профилей. Эти балки появились в первых десятилетиях XX в. Для их изготовления используются стальные прокатные профили, стенки которых разрезаются по зигзагообразной ломаной линии с регулярным шагом, затем обе половинки разрезанной балки соединяются сваркой совмещенных между собой выступов стенки. В результате происходит увеличение высоты сечения балки с возрастанием момента инерции и момента сопротивления, что приводит к существенному возрастанию несущей способности таких балок на 20...30%.

Отверстия в стенках балок меняют картину их напряженного состояния: в углах около отверстий эпюры нормальных напряжений становятся нелинейными даже в упругой стадии работы материала – вследствие проявления концентрации напряжений. Простенки балок в основном воспринимают сдвигающие усилия, но в них помимо касательных напряжений τ_{xy} и нормальных напряжений σ_x возникают также нормальные напряжения σ_y . Поперечные силы в поясных таврах балок вызывают дополнительный изгиб.

Железобетонные балки с перфорированными стенками рассчитывают как статически неопределимые системы. Элементы поясов и стоек рассматривают как внецентренно сжатые (растянутые) с учетом пластических свойств железобетона, в связи с чем изгибающие моменты в нижнем поясе снижают на 30%. Геометрические характеристики поперечного сечения определяют с учетом наличия ослаблений (по сечению нетто). Концентрацию напряжений в местах перфорации (ослаблений) компенсируют конструктивным армированием.

Безраскосные железобетонные фермы рассматриваются как многократно статически неопределимые стержневые системы. Их рассчитывают с использованием вычислительной техники как рамы с жестким сопряжением стержней либо приближенным способом, основанным на расчленении основной системы фермы фиктивными шарнирами, которые располагают в сечениях с нулевыми значениями изгибающих моментов по середине длины стоек и панелей поясов ферм. Поперечные, продольные силы и изгибающие моменты в сечениях поясов и стоек определяют из условия равновесия половин фермы, разрезанных через шарниры в стойках.

При сплачивании брусьев (увеличением размеров сечения) шпонками, колодками или пластинчатыми нагелями в деревянных балках составного сечения считается, что соединительные элементы (шпонки, колодки или пластинчатые нагели) предназначены только для восприятия сдвигающих усилий; концентрация напряжений в местах постановки соединительных элементов не учитывается.

Таким образом, существует несколько гипотез работы под нагрузкой балочных конструкций с перфорированными стенками:

- упрощенная балочная расчетная схема без учета нелинейности распределения напряжений по сечению;
- упрощенная балочная расчетная схема без учета нелинейности распределения напряжений по сечению, с учетом концентрации напряжений, вызванной наличием перфорации стенок;
- безраскосная стержневая система (рама).

Из анализа расчетных схем балочных конструкций с перфорированными стенками следует, что информация о фактическом напряженном состоянии этих конструкций требует уточнения. Экспериментальные исследования балочных конструкций с перфорированными стенками, изготовленных из фотоупругого материала, помогут более глубокому изучению работы их под нагрузкой. Метод фотоупругости – один из самых тонких методов изучения структуры и внутренних напряжений в твердых телах; базирующийся на нем поляризационно-оптический метод исследований напряжений позволяет получить непрерывную картину распределения напряжения в испытываемой конструкции.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы.

1. В настоящее время клеефанерные конструкции с перфорированными стенками в строительстве не применяются.

2. В основе расчета балочных конструкций различных конструктивных решений с перфорированными стенками использованы различные гипотезы о работе этих конструкций.

3. С целью разработки методики расчета клеефанерных балок с перфорированными стенками фактическую картину напряженного состояния балок и балочных конструкций с перфорированными стенками требуется уточнить.

4. Для подтверждения достоверности той или иной расчетной схемы необходимо провести исследования напряженно-деформированного состояния балок с перфорированными стенками, изготовленных из фотоупругого материала, позволяющего увидеть в поляризованном свете фактическую картину их напряженного состояния при различных конструктивных решениях стенок и нагрузках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. М.: Стройиздат, 1991. 767 с.
2. Бондаренко В.М., Судницын А.И., Назаренко В.Г. Расчет железобетонных и каменных конструкций: учеб. пособие для строит. вузов / под ред. В.М. Бондаренко. М.: Высш. шк., 1988. 304 с.: ил.
3. Металлические конструкции: в 3 т. Т. 1. Общая часть. Справочник проектировщика / под общ. ред. В.В. Кузнецова. М.: АСВ, 1998. 576 с.: ил.
4. Металлические конструкции: в 3 т. Т. 1. Элементы стальных конструкций: учеб. пособие для строит. вузов / В.В. Горев, Б.Ю. Уваров, В.В. Филиппов и др.; под ред. В.В. Горева. М.: Высш. шк., 1997. 527 с.: ил.
5. СНиП 2.01.07-85. Бетонные и железобетонные конструкции. М.: Госстрой СССР, 1985.
6. СНиП II-23-81* Стальные конструкции. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. 96 с.
7. Типовые железобетонные конструкции зданий и сооружений для промышленного строительства: справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1981. 488 с.



УДК 621.311

Р.С. Федюк, Е.А. Огрель, А.В. Мочалов, А.М. Тимохин, З.А. Муталибов, И.А. Мальцев

ФЕДЮК Роман Сергеевич – преподаватель Учебного военного центра Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: roman44@yandex.ru, ОГРЕЛЬ Елена Александровна – аспирант Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), МОЧАЛОВ Александр Викторович – заместитель начальника Учебного военного центра Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ТИМОХИН Андрей Михайлович – начальник отдела энергетики Учебного военного центра Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), МУТАЛИБОВ Забур Алаудинович – начальник цикла электроэнергетики Учебного военного центра Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), МАЛЬЦЕВ Игорь Анатольевич – старший преподаватель Учебного военного центра Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).

© Федюк Р.С., Огрель Е.А., Мочалов А.В., Тимохин А.М., Муталибов З.А., Мальцев И.А., 2012

Первые зарубежные энергоэффективные здания



Описана история строительства энергоэффективных зданий. Подробно рассматриваются энергоэффективные мероприятия, впервые примененные в данных зданиях.

Ключевые слова: энергия, здания, строительство, энергопотребление, теплоемкость.

The first foreign energy efficient buildings. Roman S. Fedyuk, Elena A. Ogrel, Alexandr V. Mochalov, Andrey M. Timokhin, Zabur A. Mutalibov, Igor A. Maltsev – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

This article examines the historical background of energy efficient buildings. Detail the energy efficiency measures which were first used in these buildings.

Key words: energy, construction, power consumption, heat.

Новое направление в экспериментальном строительстве – «энергоэффективные здания» – появилось после мирового энергетического кризиса начала 70-х годов XX в. Это направление стало ответом на критику специалистов Международной энергетической конференции (МИРЭК), изложенную в докладе на сессии ООН в 1972 г., ее суть: современные здания обладают огромными резервами повышения тепловой эффективности, но особенности формирования теплового режима недостаточно изучены, и на практике проектировщики не могут оптимизировать потоки тепла и массы в ограждениях и здании. В этом же докладе была сформулирована главная идея экономии энергии: энергоресурсы могут быть использованы более эффективно путем применения мер, которые осуществимы технически, обоснованы экономически, а также приемлемы с экологической и социальной точек зрения, т.е. обеспечивают минимум изменения привычного образа жизни [3, с. 23].

Проект первого энергоэффективного здания начал осуществляться в 1972 г. в Манчестере (США) архитекторами Николасом Исааком и Эндрю Исааком (рис. 1). В этот период газеты еще не пугали угрозой энергетического кризиса, но «его дыхание» уже чувствовалось: время дешевой энергии прошло. Энергопотребление зданий стало доминирующим критерием качества проекта.

Н. и Э. Исаак дают следующие рекомендации (они актуальны и при современном строительстве) по проектированию энергоэффективных зданий: необходимо, чтобы учет энергопотребления инженерными системами здания велся по всем аспектам здания на самой ранней стадии его проектирования. Цель учета – установить взаимосвязь между энергопотребляющими элементами здания и постараться определить их наилучшие параметры.

Это с самого начала проектирования требует от команды разработчиков понимания, что каждая сфера ответственности должна быть тщательно взвешена и сбалансирована. Времена, когда инженеры встраивали свои системы в конструкции, созданные архитекторами, в прошлом – необходимо включение энергосберегающих решений в программу строительства здания в качестве главного фактора. «Это делает необходимым тщательное системное изучение здания как системы в целом методами математического и физического моделирования. И этот процесс должен предшествовать началу работ по проектированию здания» [3, с. 45].

Рекомендации по выбору энергосберегающих мероприятий, которые были учтены в переработанном проекте здания, относились к форме и ориентации здания, оптимизации ветрового воздействия, повышению теплозащиты и теплоаккумуляционной способности наружных ограждающих конструкций, а также

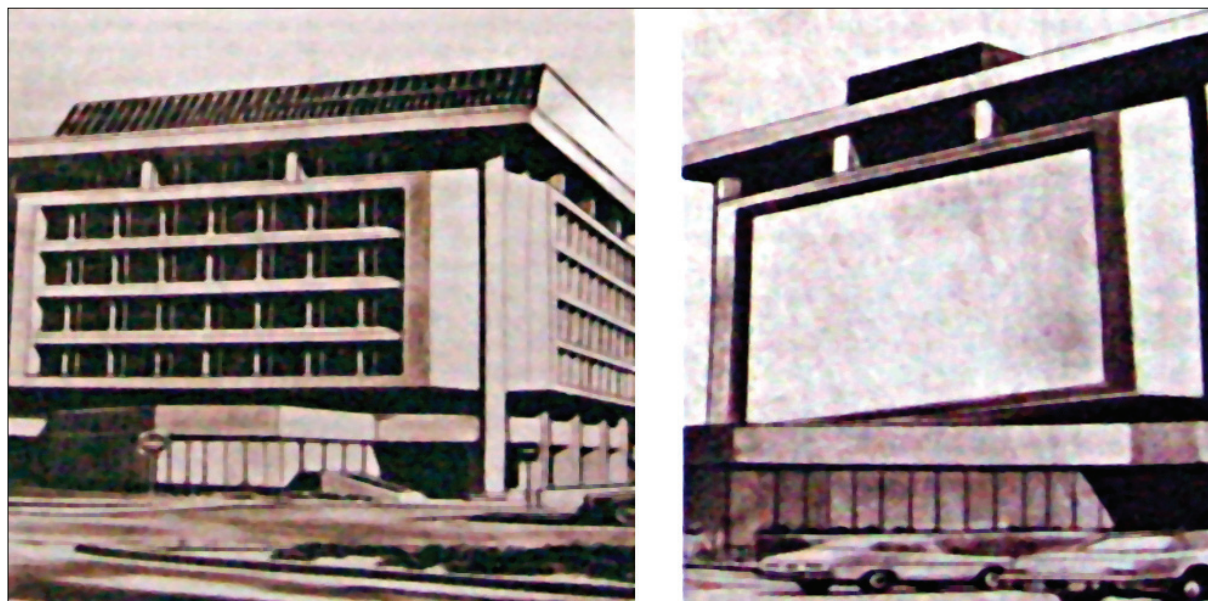


Рис. 1. Первое демонстрационное энергоэффективное здание (Манчестер, Нью-Хэмпшир, США)

размещению в них теплоизоляционного слоя, уменьшению площади остекления и использованию солнцезащиты, а кроме того, тепла солнечной радиации в системе теплоснабжения здания.

В части выбора формы и ориентации здания было установлено, что «размеры и ориентация места застройки ограничивают выбор оптимальной формы здания и его ориентацию с точки зрения энергосбережения»: прямоугольная в плане форма здания с длинными фасадами, обращенными к югу и северу, «уменьшает тепlopоступления от солнечной радиации в летнее время, при этом зимой, когда солнце расположено низко над горизонтом, можно использовать тепlopоступления от солнечной радиации. Однако размеры строительной площадки не позволили построить здание такой формы и ориентации.

Были сформулированы следующие требования к температуре и влажности внутреннего воздуха:

- с октября по май, в рабочие дни, с 8:00 до 18:00 ч температура воздуха 21 °С, относительная влажность 30%;
- с октября по май, в рабочие дни, в ночное время с 18:00 до 8:00 ч и круглосуточно в выходные и праздничные дни температура воздуха 15,6 °С, относительная влажность 42%;
- с июня по сентябрь, в рабочие дни, с 8:00 до 19:00 ч температура воздуха 24 °С, относительная влажность 50%;
- с учетом того, что в здании в рабочие дни с 8 до 18 ч будут находиться 600 чел., общий объем приточного воздуха установлен на уровне 25 200 м³/ч, включая 7 500 м³/ч воздуха, поступающего за счет инфильтрации.

Данные цифры показывают, что впервые был сделан такой дифференцированный подход к проектированию внутренних параметров микроклимата (температура, влажность, воздухообмен) в зависимости от времени суток и времени года.

Второе здание, которое было запроектировано и построено как энергоэффективное – «EKONO-house» в г. Отаниеми, Финляндия (рис. 2).

Концептуально это были экспериментальные лаборатории, в которых предстояло оценить эффективность архитектурных, инженерных и технологических мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов, потребляемых зданиями. Особенностью проекта «EKONO-house» было строительство двух одинаковых внешне секций здания. Одна из них построена по существующим на тот момент строительным нормам и не содержала инновационных решений по энергосбережению. Такие решения были использованы при строительстве второй секции. В результате проектировщики получили уникальную возможность сравнить энергопотребление обеих секций и оценить энергоэффективность выбранных решений [2, с. 13].

За основные инновационные энергосберегающие решения здания «EKONO-house» были приняты:

- эффективное использование внутреннего объема здания для минимизации площади ограждающих конструкций и уменьшения через них тепlopотерь;
- эффективная теплоизоляция ограждающих конструкций для уменьшения тепlopотерь;



Рис. 2. «EKONO-house»

- высокая теплоемкость ограждающих конструкций для накопления тепла и повышения теплоустойчивости здания;
- аккумулирование тепла солнечной радиации в основании здания для снижения нагрузки на систему отопления;
- применение вентилируемых окон для уменьшения теплопотерь в зимнее время;
- минимальные утечки воздуха (герметичность здания) и низкий расход наружного воздуха в системе вентиляции для снижения затрат энергии на отопление здания;
- эффективное освещение для снижения затрат электрической энергии;
- система автоматического управления оборудованием климатизации и освещением для оптимизации и учета потребления энергии.

Удельное теплопотребление здания «EKONO-house» составляет $70 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, удельное электропотребление – $57 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, что составляет примерно одну треть от энергопотребления традиционных зданий подобного типа. Расход тепла в здании «EKONO-house» распределялся следующим образом (цифры приводятся в %):

- теплопотери за счет теплопередачи – 35;
- теплопотери за счет негерметичности здания (вместе с утечками воздуха) – 30;
- затраты тепла на подогрев приточного воздуха – 20;
- затраты тепла на горячее водоснабжение (ГВС) – 15.

Распределение электропотребления следующее:

- потребление электроэнергии системой освещения здания – 44;
- потребление электрической энергии вентиляторами и насосами – 42;
- потребление электрической энергии прочим оборудованием – 14.

Важно отметить, что уже в 1970-е годы было предусмотрено использование тепла солнечной радиации и возможностей компьютерной техники для управления инженерным оборудованием. Первая тенденция продолжает успешно развиваться, в том числе даже в такой северной стране, как Финляндия (при экспериментальном строительстве жилого района VIIKI, Хельсинки, Финляндия), а вторая выросла в крупное направление в инженерии зданий, получившее название «интеллектуальные здания» [1, с. 32].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андерсон Б. Солнечная энергия Основы строительного проектирования: пер. с англ. М.: Стройиздат, 1982. 375 с.
2. Поз М.Я. Основы специальности // АВОК-ПРЕСС. 1990. № 1 С. 8–14.
3. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. 200 с. ил.
4. Daniels K. The Technology of Ecological Building. Boston: Birkhauser, Verlag, 1997.



УДК 67.23.03

Чэнь Лина, Т.П. Билюшова

ЧЭНЬ ЛИНА – магистр кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), БИЛЮШОВА Татьяна Павловна – доцент кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: bilyushova@mail.ru

© Чэнь Лина, Билюшова Т.П., 2012

Современные энергоэффективные здания



Рассматриваются вопросы, связанные с проектированием энергоэффективных зданий, использующих нетрадиционные источники энергии для создания необходимого микроклимата в помещении.

Ключевые слова: энергоэффективные здания, пассивный дом, энергосбережение, новые технологии, стандартный дом, солнечный коллектор.

Modern energyefficient Buildings. Chen Lina, Tatyana P. Bilyushova – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

The article discusses issues related to the design of buildings energy efficiency using alternative sources of energy to create the necessary microclimate in the room. The concept of designing modern buildings, affecting the quality of the environment.

Key words: energy-efficient buildings, passive house, energy efficiency, new technology, a standard house, solar.

Энергоэффективными называются такие здания, при проектировании которых был предусмотрен комплекс архитектурных и инженерных мероприятий, обеспечивающих существенное снижение затрат энергии на теплоснабжение этих зданий по сравнению с обычными (типовыми) при одновременном повышении комфортности микроклимата в помещениях [4].

Энергоэффективные здания как новое направление в экспериментальном строительстве появились после мирового энергетического кризиса 1974 г. Использование возобновляемых источников энергии в домостроении имеет свою историю. Так, первый дом с солнечным коллектором был построен еще в 1947 г. (дом MIT-I).

В Германии стандартными считаются здания с удельным расходом тепловой энергии на отопление около $220 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ в год, в России – до $400\text{--}600 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$. Стоимость 1 м^2 энергоэффективного дома на 8–10% больше средних показателей для обычного здания [2].

В основе концепции проектирования современных зданий лежит идея: качество окружающей нас среды оказывает непосредственное влияние на качество нашей жизни дома, на рабочем месте или в местах общего пользования, составляющих основу наших городов. Такое выделение социальных аспектов является признанием того, что архитектура и строительство развиваются на основе потребностей людей – как духовных, так и материальных. Главная идея для архитектуры и строительства XXI в. – природа не пассивный фон нашей деятельности; в градостроительстве может быть создана новая природная среда с более высокими комфортными показателями и в то же время являющаяся энергетическим источником для систем климатизации зданий.

Дом – это комплекс решений в области энергоэффективности, инновационных технологий и использования экологически чистых материалов с учетом специфики домостроения любой страны.

Современные энергоэффективные здания подразделяют на следующие типы:

- пассивный дом;
- дом с нулевым энергопотреблением;
- энергогенерирующий дом;
- вращающийся «солнечный» дом;
- Liter-Haus.

Пассивный дом (passiv house) – это здание с минимальным потреблением электрической и тепловой энергии, в идеале возможен практически нулевой расход тепла на отопление. Система пассивного дома предъявляет требования к воздухопроницаемости и теплоизоляции здания, энергоэффективности окон и системе механической приточно-вытяжной вентиляции. Расходы на возведение пассивного дома к настоя-

щему времени стали сравнимы со стоимостью стандартного дома благодаря освоению технологий массовой застройки, совершенствованию инженерного оборудования и более дешевым кредитам на реконструкцию или строительство [1].

Энергоэффективные дома становятся все более популярными. При возведении жилищ люди начинают считать не только стоимость строительства 1 м², но и эксплуатационные расходы на его возведение. Но полученный опыт показывает, что улучшение энергоэффективности зданий достигается практически без дополнительных затрат [3].

Как найти баланс между мерами по обеспечению энергосбережения и решениями по получению энергии от возобновляемых источников (солнечная энергия, энергия ветра, энергия земли)? Сформировалось неверное мнение, что здания с нулевым потреблением энергии – это строения с распределенной системой энергосбережения от возобновляемых источников энергии. Такой подход реализует только выработку энергии без ее сбережения и не ведет к снижению вредного воздействия на окружающую среду.

«Автономный дом» – это «энергонезависимый дом», с системой жизнеобеспечения замкнутого цикла, с дополнительными функциями и оборудованием. К таким дополнительным функциям относятся:

- а) использование накопления дождевой воды в хозяйственных целях;
- б) наличие теплицы, в которой выращивают фрукты и овощи в неурожайное время года, она же выполняет функции гелиотеплицы;
- в) наличие прудов для выращивания аквакультуры (рыб и/или водорослей) или небольшого фермерского хозяйства;
- г) наличие системы экономии воды, вторичного ее использования и системы переработки бытовых стоков.

Здания с нулевым энергопотреблением обладают рядом значительных преимуществ и недостатков. Есть проблема нехватки профессионалов, обладающих навыками и опытом строительства таких зданий.

Мультикомфортный дом предоставляет большие возможности при проектировании зданий в зависимости от национальных традиций и географического месторасположения, однако ничего фундаментально отличающегося от обычного строительства нет. С экономической точки зрения реализация такого проекта требует увеличения капитальных затрат на строительство на 5–8%, однако эти вложения окупаются экономией энергии и, соответственно, снижением эксплуатационных затрат и обеспечением комфортных условий проживания.

Международный опыт показывает, что направление на разработку новых технологий в области энергосбережения, выплата льготных кредитов населению для проведения мероприятий по снижению энергопотребления дает возможность существенного и безболезненного сокращения энергозатрат, повышения энергоэффективности и одновременно удешевления технологий по использованию альтернативных источников энергии.

Возобновляемые источники энергии в Китае переживают бурный рост. Возобновляемая энергетика стала играть важную роль в энергоснабжении в Китае, в составе будущих поставок энергии. По данным китайского правительства, сформулировавшего национальные приоритеты, в 2020 г. доля возобновляемых источников энергии может достигать от 12 до 30% и более.

Снижение энергопотребления возможно только при условии строгого контроля и регулирования поступления и расхода энергии в зданиях, которые определяются необходимостью создания и поддержки требуемого микроклимата в помещениях в зависимости от климатических характеристик среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольфганг Ф. Основные положения по проектированию пассивных домов. М.: АСВ, 2008. 144 с.
2. Габриель И., Ладенер Х. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома / пер. с нем. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 480 с.: ил.
3. Монастырев П.В., Сборщиков С.Б. Энергосбережение в реконструируемых зданиях. М.: АСВ, 2008. 208 с.
4. Новый дом. 2009. № 3–4.



УДК 628.1.353

В.В. Земляной, З.В. Мизенко

ЗЕМЛЯНОЙ Виталий Владимирович – кандидат технических наук, профессор кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: zemlyanoy41@list.ru, МИЗЕНКО Захар Викторович – магистрант кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: zahar512@mail.ru

© Земляной В.В., Мизенко З.В., 2012

Учет коэффициента фильтрации при прогнозе подтопления и расчете дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях



Лабораторные эксперименты с песками различной крупности были проведены для оценки формулы для определения расчетного значения коэффициента фильтрации двухслойных пластов. Моделировался процесс фильтрации с направлением движения воды перпендикулярно слоям. При проведении опытов одновременно проверялась степень влияния температуры воды на расчетные и опытные значения коэффициентов фильтрации, которые определялись как для фильтра с одинаковыми фракциями песка, так и для двухслойных модулей.
Ключевые слова: коэффициент фильтрации, фильтрация, температура, вода, фракция, песок, грунтовые воды, многослойные фильтры, модули.

The account of the filtration factor at the forecast of underflooding and calculation of drainage systems in the built up and under construction territories. Vitaliy V. Zemlyanoy, Zakhar V. Mizenko – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).
Laboratory experiments with sand various fineness have been carried out for an estimation of the formula for definition of settlement value of filtration factor for two-layer layers. Process of a filtration along the lines of water movement to perpendicularly layers was modeled. During carrying out of experiences degree of temperature influence of water on settlement and skilled values of filtrationcoefficient which were defined as for the filter with identical fractions of sand, and for two-layer modules was simultaneously checked.
Key words: filtration coefficient, filtration, temperature, water, fraction, sand, ground water, multilayer filters, modules.

Строительное освоение территорий и эксплуатация зданий, сооружений и других объектов, расположенных на слабопроницаемых грунтах, практически повсеместно сопровождаются накоплением влаги в толще грунтов и подъемом уровня грунтовых вод даже в тех случаях, когда до начала освоения территории грунтовые воды вообще отсутствовали. Такой процесс называется подтоплением (или техногенным подтоплением).

Он возникает и развивается вследствие нарушения сложившегося природного динамического равновесия в водном балансе территории. Эти нарушения возникают в результате практической деятельности человека и на застраиваемых территориях обычно развиваются в две стадии – при строительстве и эксплуатации.

Подтопление развивается также вследствие подпора грунтовых вод при создании водохранилищ и сельскохозяйственном освоении территории с организацией поливного земледелия.

Процессы подтопления возможны в различных природных условиях, поэтому их схематизация для целей прогноза является необходимой. Методы прогноза подтопления застроенных или застраиваемых территорий основаны на том, что в их пределах подземные воды получают сверху дополнительное инфильтрационное питание, которое может быть распределено по территории равномерно или неравномерно. В соответствии с этим схематизации подлежат: геометрия пласта или отдельных его слоев в плане и разрезе, фильтрационные свойства грунтов, дополнительное инфильтрационное питание, характеристики потоков (направление, мощность, уклоны и т.д.), а также граничные и начальные условия.

Основой для схематизации природных условий являются данные инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, а также опыт строительства и эксплуатации, если таковые имеются.

Границы области фильтрации подразделяются на внешние и внутренние. Внешние ограничивают область фильтрации в плане, сюда относятся реки, озера, водохранилища, овраги, непроницаемые плоскости, обусловленные сбросами, разломами, надвигами, примыканиями аллювиальных отложений к коренному берегу и т.д. Внутренние границы разделяют зоны с различными фильтрационными свойствами в плане и разрезе.

С точки зрения внутренних границ пласта выделяются фильтрационно-однородные и фильтрационно-неоднородные пласты, причем как те, так и другие могут обладать анизотропией фильтрационных свойств. При строгом подходе все водоносные породы с точки зрения их проницаемости являются неоднородными, причем эта неоднородность носит вероятностный характер. По мнению многих специалистов, в расчетных схемах за однослойный принимается пласт, в котором проницаемости отдельных участков (или пропластков) отличаются друг от друга не более чем в 10 раз.

«Однако подобное ограничение не имеет теоретического обоснования. Сопоставительные расчеты по зависимостям для однослойных и двухслойных пластов показали, что с погрешностью в конечных результатах не более 5% неоднородные пласты можно приводить к однослойным при соотношении проницаемости отдельных слоев до 25» [2]. С учетом этого соотношения величину расчетного коэффициента фильтрации рекомендуют определять по следующим формулам [1]:

- в неоднородных в плане пластах:

$$k = \frac{k_1 \cdot F_1 + k_2 \cdot F_2 + \dots + k_n \cdot F_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}; \quad (1)$$

- в слоистых пластах при фильтрации подземных вод параллельно слоям:

$$k = \frac{k_1 \cdot m_1 + k_2 \cdot m_2 + \dots + k_n \cdot m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}; \quad (2)$$

- в слоистых пластах при фильтрации подземных вод нормально к слоям:

$$k = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{\frac{m_1}{k_1} + \frac{m_2}{k_2} + \dots + \frac{m_n}{k_n}}; \quad (3)$$

где k_1, k_2, \dots, k_n – коэффициенты фильтрации отдельных участков или слоев, m_1, m_2, \dots, m_n – мощности слоев, F_1, F_2, \dots, F_n – площади отдельных участков.

Для проверки формулы (3) были проведены опыты по определению коэффициента фильтрации на приборе ПКФ на фракциях песка 0,63 мм и 1,25 мм. Песок данных фракций был отобран с помощью комплекта сит (КСИ), предназначенного для определения гранулометрического состава песка для заполнителей. Опыты проводились на базе кафедры ИСЗиС Инженерной школы ДВФУ.

В ходе опытов были определены коэффициенты фильтрации песков фракциями 0,63 мм и 1,25 мм при различной температуре фильтруемой воды (4,3 °С до 20 °С). А также были сделаны модули, имитирующие двухслойные пласты, для определения их коэффициентов фильтрации и сопоставления результатов эксперимента с расчетными данными, получаемыми по формуле (3).

В первом модуле фракция песка 1,25 мм располагалась в нижней части прибора, а фракция 0,63 мм такого же объема закладывалась поверх предыдущей фракции.

Во втором модуле слои из фракций песка менялись местами, тем самым фракция 0,63 мм укладывалась поверх фракции 1,25 мм. Определение коэффициента фильтрации обоих модулей проводилось при различной температуре фильтруемой воды (4,3 °С...20 °С).

Полученные экспериментальные данные по определению коэффициента фильтрации и данные, полученные путем пересчета коэффициента фильтрации по формуле (3), представлены в таблице и на рисунке.

Из приведенных данных (см. таблицу, рисунок) можно сделать следующие выводы:

- величина расчетного коэффициента фильтрации, определенного по формуле (3), рекомендованной в приложении к СНиП 2.06.15-85 «Инженерная защита территорий от затопления и подтопления» [4], отличается от экспериментальных данных для модуля № 1 на 1,5–8,4% в сторону занижения при различной температуре фильтрующейся воды;

- для модуля № 2 расчетное значение коэффициента фильтрации завышается на 20,8–37,7% в зависимости от температуры фильтруемой воды, что существенно отразится на конечных результатах при оценке подтопления и расчете фильтрационной способности грунтов в слоистых пластах при фильтрации воды нормально к слоям;

- в ходе опытов было выявлено существенное влияние температуры и вязкости воды при ее фильтрации в двухслойных модулях. Исходя из полученных данных, коэффициент фильтрации модулей в температурном интервале фильтруемой воды от 4,3 °С до 20 °С изменяется на 46,6% (для модуля № 1) и на 55,2% (для мо-

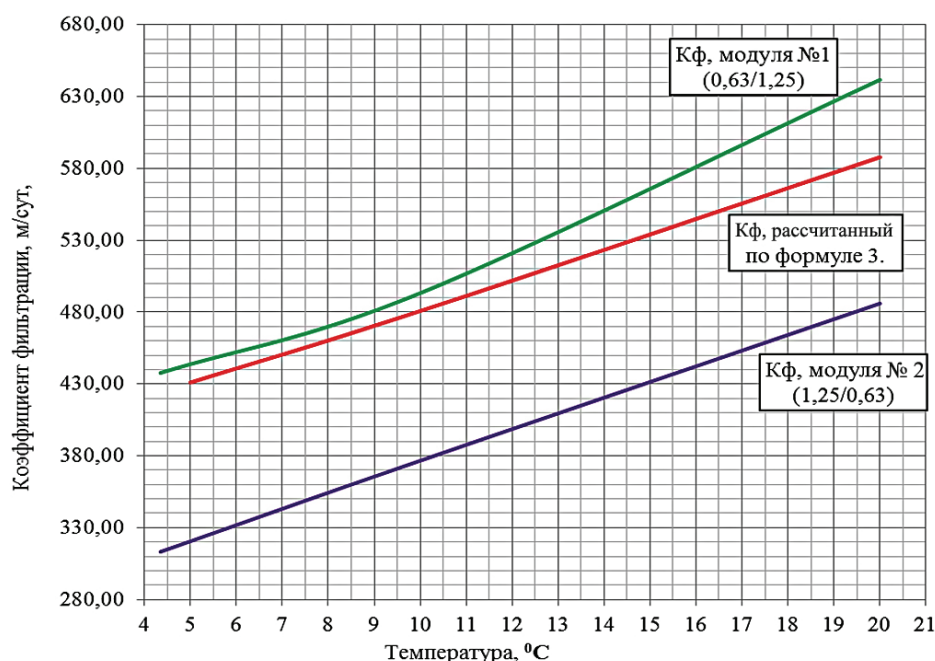
Экспериментальные данные коэффициента фильтрации и результаты пересчета

Температура фильтруемой воды, °С	Фракция песка, мм	Коэффициент фильтрации, м/сут	№ модуля	Коэффициент фильтрации, м/сут	
				модулей	по формуле (3)
5 (4,2)	1,25	886,63	модуль № 1 (0,63/1,25)	437,72	431
10		1037,28		493,25	480,81
20		1193,54		641,71	587,82
5 (4,2)	0,63	284,7	модуль № 2 (1,25/0,63)	313,25	431
10		312,93		376,62	480,81
20		389,93		486	587,82

Мощность слоев в модулях составляла 5 см

дуля № 2). Такие изменения коэффициента фильтрации, в свою очередь, могут обуславливать значительное, почти в 1,5 раза, снижение расхода, пропускаемого данными грунтами при данной конфигурации в осенний период по сравнению с летним.

Таким образом для правильного определения расчетного значения коэффициента фильтрации в слоистых пластах при фильтрации воды нормально к слоям необходимо иметь данные по изменению температуры в течение года и данные о гранулометрическом составе и значениях коэффициентов фильтрации каждого из слоев с целью определения возможности использования в расчете формулы (3) и корректировки рассчитанных значений коэффициента фильтрации с учетом температуры фильтрующейся воды.



Зависимость изменения коэффициента фильтрации от температуры фильтруемой воды в двухслойных модулях

При невозможности использования формулы (3) расчетный коэффициент фильтрации слоистых пластов следует определять опытным путем при гидрогеологических изысканиях или лабораторными методами с последующими корректировками на расчетную температуру фильтрующейся воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 8735-88* Песок для строительных работ. Введ. 01.07.1989. М.: Изд-во стандартов, 1989. 23 с.
- Максимов В.М. Справочное руководство гидрогеолога. Л.: Недра, 1979. 512 с.
- Муфтахов А.Ж. Гидродинамические основы прогноза подтопления промплощадок и фильтрационные расчеты защитного дренажа в сложных гидрогеологических условиях: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1975. 27 с.
- Справочное пособие к СНиП 2.06.15-85. М.: Стройиздат, 1991. 450 с.



УДК 628.2(076.8)

Н.В. Земляная, М.В. Штэк

ЗЕМЛЯНАЯ Нина Викторовна – доктор технических наук, профессор кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: nina-z@list.ru, ШТЭК Масим Владимирович – магистрант кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). E-mail: maxus-88@list.ru

© Земляная Н.В., Штэк М.В., 2012

Проблемы отвода дождевого стока в городе Владивостоке



Показаны пути формирования качественного состава и количественных характеристик дождевого стока, приведены данные по их концентрации в г. Владивостоке. Представлены некоторые результаты натуральных исследований состояния территорий и дождевой сети города. Разработаны мероприятия по сокращению негативного воздействия дождевого стока на морские акватории г. Владивостока.

Ключевые слова: дождевой сток, дождевая канализация, концентрация загрязнений, морская акватория, негативное влияние.

Problems of discharge of a rain drain in Vladivostok. Nina V. Zemlyanaya, Maxim V. Shtek – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

Ways of formation of qualitative structure and quantitative characteristics of a rain drain are shown, data on their concentration in Vladivostok are cited. Some results of natural researches of a territories condition and a rain network of a city are presented. Actions for reduction of negative influence of a rain drain on sea water areas of Vladivostok are developed.

Key words: rain drain, rain sewerage, pollution concentration, sea area, negative influence.

Ливневая канализация – это система труб, лотков, дождеприемников и дополнительных элементов, предназначенная для сбора, отвода поверхностных дождевых и талых вод с кровель зданий, дорожных покрытий и различных площадок.

Недостаточное внимание к своевременному отведению атмосферных осадков нередко приводит к затоплению территорий, перерывам в работе промпредприятий и транспорта, порче оборудования и материалов, размещенных на складах и в нижних этажах зданий, к гибели людей. Ущерб, наносимый ливнями (особенно при пересеченной местности), можно сравнить с уроном от крупных пожаров. Однако даже в обычных (не экстремальных) условиях современные системы поверхностного водоотведения призваны обеспечить нормальную жизнь населенных пунктов во время выпадения дождей, не создавая трудностей для населения и транспорта.

Перед сбросом поверхностных вод в водные объекты они, как правило, должны быть очищены до такой степени, чтобы не вызывать загрязнения воды в водоемах. В случаях, когда это экономически оправдано, поверхностный сток целесообразно накапливать и использовать для водоснабжения или орошения полей [1].

Поверхностный сток с территорий городов, промышленных площадок предприятий, дорог, сельскохозяйственных угодий является одним из основных источников загрязнения водных объектов. Ливневые, талые, поливочно-мочные воды, собирая на своем пути растворенные вещества, нефтепродукты и получая бактериальное загрязнение, формируют твердый сток. Они стекают по естественному рельефу местности в источники, пополняя их запасы и одновременно существенно их загрязняя.

Качество стока с различных частей территории города неодинаково и зависит от степени благоустройства, плотности населения, интенсивности движения транспорта, характера предприятий, продолжительности и интенсивности дождей и других факторов. К дождевому стоку также добавляются поливочно-мочные сточные воды.

Поверхностный сток с городских территорий является существенным источником химического и биологического загрязнения открытых морских акваторий, водоемов, в первую очередь малых рек, расположенных в пределах городов. Атмосферный дождь, собранный на высоте 1 м от почвы, содержит в 1 мл до 1000 микроорганизмов. Показатель коли-титра в дождевом стоке, собранном с крыш, – 0,004; с дорожных покрытий – 0,0004.

Из основных элементов, составляющих поверхностный сток, в гигиеническом отношении заслуживают внимание талые воды, особенно стоки зимних оттепелей и начала весеннего снеготаяния. В этих водах содержатся наиболее высокие концентрации органических и минеральных примесей (ХПК – до 1500, БПК – до 300 мг О₂/л). Органические примеси составляют основную часть твердой фазы стока, что обуславливает прямую зависимость между значениями показателя ХПК воды и содержанием взвешенных веществ.

Сброс ливневых стоков во Владивостоке можно охарактеризовать как *частично организованный*, так как в сети поступает не более 20–30% общего стока. Система считается полностью *организованной*, если в нее поступает более 70–80% стоков с застроенной территории города [3]. В 20–30% входит сброс ливневых вод с промышленных площадок (не со всех) и с ливневых камер, расположенных под дорогой. Все остальное поступает в водоем через грунтовые воды и характеризуется как *неорганизованный* сток. Качественный состав такого стока зависит от характеристик грунтов и рельефа территории, наличия на этой территории антропогенных и техногенных загрязнений и в значительной степени определяется уровнем загрязнения атмосферных осадков, который связан с уровнем загрязнения атмосферы.

Для Владивостока характерна еще одна проблема – крайне несовершенная система сбора дождевых вод [2]. Причина плохой работы ливневых сетей связана как с большой изношенностью системы, так и с несоблюдением правил эксплуатации (сети, дождеприемники и колодцы не очищаются и не промываются).

Нормой в городе стала ситуация, когда при строительстве сооружений не решается отвод дождевых вод. После дождя вода на пешеходных тротуарах, виадуках остается до полного высыхания. Например, на виадуке, проходящем через автодорогу в районе остановки Гоголя, водоотвод отсутствует полностью. После дождя остаются огромные лужи, которые препятствуют нормальному передвижению пешеходов, в результате люди вынуждены эту дорогу перебежать, что является нарушением правил дорожного движения. На «Гоголевской» развязке, в местах соединения железобетонных пролетов скапливающаяся вода не имеет отвода и падает прямо на головы пешеходов, проходящих под этой развязкой.

На территории Владивостока имеют место крутые склоны, которые при интенсивном ливне или наводнении размываются и взвеси выносятся на проезжую часть. В том случае, если под полотном дороги нет эффективного отвода воды, она разрушается вместе с асфальтом.

Показательным является состояние уличных лестниц. Их ремонт проводится редко и, как правило, некачественным слабым раствором. Дождевой поток размывает материал лестниц, а в холодное время года влага, остающаяся после дождя, замерзает и разрушает бетон. Процесс весеннего таяния увеличивает скорость разрушения (см. рисунок).



Разрушенная лестница, район Второй Речки, г. Владивосток

Мероприятия по сокращению негативного воздействия дождевого стока на морские акватории г. Владивостока

Ситуация	Рекомендации по устранению проблемы
Лужи на дорогах	Соблюдение уклона дорог, достаточного для стекания дождевых осадков, уклон обочин дорог должен быть на 10–30% больше поперечного уклона проезжей части [2]; устранение ям и неровностей; отвод стоков с дорог в водосборные лотки, располагаемые с обеих сторон проезжей части, далее – отвод в открытые откосные водосборные лотки. Устройство очистных сооружений через определенные расстояния, затем сброс в водоотводные укрепленные каналы или на прилегающую территорию.
Лужи на виадуках	Сделать навес над виадуками, чтобы осадки попадали на пешеходную часть; организовать сбор осадков с навесов виадука по желобам, сброс их в сети дождевой канализации.
Размывы грунта на дорогах, присутствие в ливневой канализации песка, щебня и т.д.	Закрепление откосов естественным покрытием (создание искусственных газонов), применение металлической сетки для закрепления скальных и щебеночных грунтов, создание системы лотков для уменьшения размыва откосов. При экономическом обосновании – применение метода струйной цементации грунтов, увеличение высоты бордюров над газонами.
Разрушение лестниц	Использование материала – натурального гранита, создание системы лотков для отвода дождевых вод от лестниц, обязательный ремонт всех ям и неровностей на лестницах, образовавшихся в результате физической нагрузки.
Сброс дождевых стоков с крыш на отмостки	Сбор дождевых вод с крыш по желобам и отвод в дождевую канализацию.
Стихийные автостоянки	Создать юридическую базу и механизм ее реализации для предотвращения стоянок автомобилей на газонах.
Организация службы эксплуатации дождевой сети	Сделать прозрачным расходование средств, собираемых с автомобилистов за пользование дорогами, часть средств должна быть направлена на восстановление дождевой сети.
Внутриквартальные территории (управляющим компаниям)	1. Сделать инвентаризацию внутриквартальных территорий. 2. Разработать план восстановления территории и отвода внутриквартальных дождевых вод и план финансирования (бизнес-план). 3. Обеспечить контроль качества внутриквартальных покрытий.
Строительные площадки	Наладить, используя возможности СРО, контроль соблюдения требований экологического законодательства и СНИПов на производство работ; наладить контроль над отводом и очисткой дождевых вод со строительных площадок.
Дождевая канализация города	Наладить систему обнаружения и устранения врезок в дождевую канализацию городских сточных вод.

При расчете нормативов допустимого сброса загрязняющих веществ считается, что вода, стекающая с крыш, является условно чистой и может сбрасываться в ливневые сети без какой-либо очистки. Реальная ситуация существенно отличается от расчетной. Вода с крыш, как правило, попадает на разрушенную отмостку, вынося в дождевую канализацию взвешенные вещества и набор вредных ингредиентов, сбрасываемых затем в водоемы.

Для сокращения негативного воздействия дождевого стока на водоемы на основе проведенного анализа был разработан ряд рекомендаций, некоторые из которых представлены в таблице

Исполнение перечисленных в таблице мероприятий уже в какой-то степени улучшит экологическое состояние прибрежных вод, создаст лучшие условия жизни для города, однако без реализации системного подхода, сочетающего превентивные меры со строительством городских очистных сооружений, добиться экологически устойчивого, равновесного состояния морских акваторий не представляется возможным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дикаревский В.С., Курганов А.М. Отведение и очистка поверхностных сточных вод. Л.: Стройиздат, 1990. 224 с.
2. Перевозников Б.Ф., Ильина А.А. Сооружения системы водоотвода с проезжей части автомобильных дорог. М., 2002. 60 с.
3. Рокшевская А.В., Хват В.Н. Очистка поверхностного стока с городских территорий // ВСТ. 1976. № 4.



УДК 574.

С.И. Якушкин, О.И. Якушкина

ЯКУШКИН Сергей Иванович – старший преподаватель кафедры строительства и управления недвижимостью Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток) E-mail: yakushkin83@mail.ru, ЯКУШКИНА Ольга Ивановна – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерных систем зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).

© Якушкин С.И., Якушкина О.И., 2012

К вопросу о культуре водоотвода



Поднимается актуальный для развития Владивостока вопрос о регулировании ливневых стоков и предупреждении разрушения элементов городской инфраструктуры. Предлагается комплекс организованных и взаимосвязанных форм деятельности административных, производственных, общественных органов и всего населения по регулированию стоков и созданию комфортабельной городской ландшафтной среды. *Ключевые слова:* водоотвод, подпорные сооружения, аварии сооружений, благоустройство городов, разрыв склонов.

Culture regulation of town. Sergei I. Yakushkin, Olga I. Yakushkina – School of Engineering (Far Eastern Federal University, Vladivostok). This paper raises an actual question for Vladivostok regulation waterflooding city and prevents destruction city infrastructure. Offers complex regulation action drain for building comfortable city's structure.

Key words: drainage, retaining structures, crash structures, town planning, eroded slopes.

Владивостоку предназначено быть центром экономической и культурной жизни на востоке нашей страны, поэтому его внешний вид и комфортность проживания в нем должны соответствовать самым высоким требованиям. К сожалению, благоустройство города находится на низком уровне, и ряд обстоятельств способствуют этому.

Цель настоящей работы – анализ проблемы взаимосвязанности уровня благоустройства Владивостока и гидрологического режима на территории города.

Владивосток с северо-востока на юго-запад расположен на гористом полуострове, его сопки расчленены распадками и долинами небольших речек. Водоразделы в городской черте имеют резкий перепад от больших уклонов к почти нулевым. На летние месяцы приходится большое количество сильных дождей и ливней, которые приносятся с тайфунами, циклонами и фронтальными разделами. Во время ливней такое состояние уклонов создает условия для затопления нижних отметок (а это улицы, площади, микрорайоны).

Сложившаяся топография города представляет собой сеть бегущих вниз по склонам улиц, которые, по сути, являются быстотоками. Перпендикулярно им, у подножия сопки, проложены главные улицы, аккумулирующие расходы воды.

Почвообразование на территории города также не способствует быстрому отводу атмосферных осадков. На крутых склонах почвы маломощные – 12–15 см, и в нижней части сопки их мощность увеличивается до 20–27 см, причем состоят они из слоя дерна (5–7 см) и под ним – 15–20 см тяжелых суглинков. При нарушении их целостности грунты быстро размываются и приобретают вид пульпы. С увеличением уклонов движущаяся вниз масса воды перемешивается с мелкими камнями, образует выносы размытого грунта на улицах и перекрестках. Часть пульпы, попадающая в ливневую канализацию, осажается в трубах и уменьшает водопрпускную способность коллекторов.

Таким образом, водная почвенная эрозия рельефа серьезно осложняет формирование культурного ландшафта города и затрудняет эксплуатацию водоотводных сооружений. Кроме того, имеет место загрязнение прибрежных вод взвешенными частицами, что может привести к непредсказуемым экологическим последствиям.

За тысячелетия цивилизация научилась противостоять многим проявлениям стихии, и большинство крупных городов, которые были основаны в сложных топографических условиях, сегодня с успехом сбрасывают ливневые массы в природные аккумуляторы, избегая подтопления своих территорий (Париж, Гонконг и др.).

Обычно городской водоотвод имеет комплексный характер. Основные элементы этого комплекса – подпорные сооружения и уличный водоотвод. Во всех городах с пересеченным рельефом строятся подпорные сооружения. Как правило, это подпорные стенки (ПС) разнообразных конструкций и декоративного исполнения. Они являются важным элементом городского декора, несущим не только функциональную, но и эстетическую нагрузку.

Во введенном недавно «Техническом регламенте о безопасности зданий и сооружений» в ст. 7 изложены следующие требования: «Строительные конструкции должны обладать такой прочностью и устойчивостью, чтобы в процессе строительства и эксплуатации не возникало угрозы причинения вреда жизни или здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни и здоровью животных и растений». Это означает, что проектированию, строительству и эксплуатации подпорных стенок следует уделять особое внимание.

В разное время во Владивостоке по проектам и без построено большое количество подпорных стенок различных конструктивных исполнений. Они эксплуатируются многочисленными собственниками и в большинстве случаев – неграмотно: многие стенки отклонились по вертикали, дренажные отверстия не работают, пазухи за стенками захламлены и периодически не очищаются, у лицевых граней имеются трещины в отмостке, куда уходит, разрушая основание, вода. Новые подпорные стенки возводятся строителями низкой квалификации без проектных расчетов, и поэтому они особенно опасны.

Рассмотрим ситуацию на двух примерах (см. рисунок).



а



б

Аварии подпорных стенок во Владивостоке: а – обрушение подпорной стенки во дворе школы № 1 в 2004 г; б – опрокидывание ПС в районе ул. Крыгина в 2011 г. *Фото авторов*

На рисунке, *а* вид обрушившейся после нескольких майских ливней подпорной стенки 1910-х годов постройки – подобных в городе много. Их особенность – мелкогабаритная кладка на известковых растворах с дренажом за тыловой стенкой. За 100 лет произошло снижение прочности кладки из-за термовлажностных воздействий. В рассматриваемом случае итогом неконтролируемого водосброса из пристройки (сохранившаяся часть закрыта брезентом), прохудившихся водопроводных труб и недействующего дождеотвода (колодец виден на снимке) стал обвал водонасыщенного грунта вместе со стенкой на территорию школы. К счастью, авария случилась ночью и никто не пострадал.

На рисунке, *б* показан случай обрушения подпорной стенки, выполненной без проекта со следующими грубыми нарушениями строительных регламентов:

- строительство велось в насыпных грунтах разного происхождения;
- конструкция подпорной стенки не соответствовала правилам проектирования;
- расчет не производился (поверочный расчет на устойчивость и сдвиг показал, что запаса устойчивости не хватает более чем в два раза);
- не обеспечена безопасность эксплуатации задней стены здания.

Факты возведения таких стенок – результат низкой квалификации административных органов в области строительства.

Большое значение для успешного отвода ливневых вод имеет состояние поверхностей, с которых скатывается вода: откосы и дорожные покрытия.

После проведения окончательной вертикальной планировки правилами благоустройства территорий предусмотрена их обязательная рекультивация. В первую очередь это связано с величинами размывающих скоростей для разных видов покрытий. Устоявшийся естественный профиль должен быть сохранен или сделан более пологим. В городах с высокой культурой водоотвода это правило жестко выполняется. Если существует возможность водной эрозии участка обнаженной земли, там вы нигде его не найдете.

Во Владивостоке подавляющее количество откосов круче нормативных величин и постоянно размываются дождями, а образовавшаяся пульпа выносится на дорожное покрытие. Тротуары в значительной части разрушены автотранспортом и не задерживает ливневых вод в зоне кюветов, которые после их выполнения быстро заиливаются.

Покрытия для автотранспорта конструктивно не соответствуют требованиям норм дорожного строительства. Самая большая проблема – пучинистые грунты в основании дорог – пока не решена. Ежегодные «ремонт» поздней осенью приводят к еще более интенсивному разрушению покрытий за счет возникновения зон турбулентности в ямах, доступа влаги, последующего замерзания, снижения прочности и разрушения оснований.

Сейчас, когда представился шанс резко повысить международный статус Владивостока, необходимо коренным образом пересмотреть общее отношение к благоустройству. Во многих работах сотрудников научных и эксплуатационных организаций, связанных с водоотводом и канализацией, представлены предложения по решению специфических для города проблем.

Культурой водоотвода мы бы назвали комплекс организованных и взаимосвязанных форм деятельности административных, производственных, общественных органов и всего населения по регулированию дождевых стоков и созданию комфортабельной городской ландшафтной среды.

На наш взгляд, внедрению этого комплекса могут способствовать следующие мероприятия:

- создание расширенной комиссии по организации городского ландшафта с привлечением квалифицированных специалистов из ДВФУ;
- разработка генеральной схемы водоотвода с улиц Владивостока и принятие мер по ее реализации;
- ужесточение требований административных органов к участникам инвестиционного цикла, связанным с земляными работами (составление проектно-сметной и строительной технологической документации, выдача и закрытие ордеров на разработку и обратную засыпку траншей; рекультивация земель; оформление откосов после окончания работ), и тщательный контроль за исполнением всех положений проектной документации;
- разработка муниципальных (городских) стандартов на содержание земельных участков в техническом состоянии, способствующем быстрому водоотводу;
- обязательный учет всех подпорных стенок в городе, диагностика их технического состояния, разборка аварийных и замена их на более надежные;
- широкое применение в практике городского строительства новых технологий закрепления откосов (габионные системы, георешетки, геосетки, искусственные газоны, отмостки, декоративные наброски);
- в случае самовольных земляных работ применение административной практики к эксплуатирующим домовые территории организациям (газоны, прокладка кабелей, ремонт коммуникаций, устройство площадок, посадка малых архитектурных форм и др.);
- ограничение движения тяжелого транспорта по придомовым проездам в микрорайонах;
- санитарная очистка и расчистка путей естественного и искусственного водоотвода.

