мованих профілів. Уточнено геометричні характеристики основного несучого елемента зазначених систем. Здійснено чисельне моделювання та аналіз напружено-деформованого стану розглянутих оболонкових систем від різних навантажень і їх поєднань. На підставі виконаних розрахунків і аналізу визначені критичні навантаження втрати стійкості плоскої форми вигину, а також, критерії міцності конструкції. Дослідження проведено на базі складених скінченно-елементних моделей, верифікованих натурних експериментом, з урахуванням послідовності зведення зазначених систем, тобто за умови роботи конструкції як одно- так і тришарової.
Ключові слова: безкаркасні покриття, оболонкові системи, експериментальна верифікація, безкаркасні споруди.

Reznik P. A., Koreniev R.V. THE INFLUENCE OF The CONSTRUCTIVE FEATURES ON THE STRESS-STRAIN STATE OF SPECIAL SHELL SYSTEMS. The article is devoted to the roofing and structures, in the form of special shell systems made of thin-walled cold-deformed profiles. The geometric characteristics of the main supporting element of the discussing systems are refined. Numerical modeling and analysis of the stress-strain state of the shell systems under consideration from various loads and their combinations, has been carried out. On the basis of the calculations and analysis, the critical loads of stability loss of a flat bending shape are determined, and also the criteria for the strength of the structures. The research was conducted on the basis of a finite element model verified by the full-scale experiment and taking into account the sequence of erection of systems, that is, under the condition that the designed structure works as the single- and as the three-layer system.
Key words: Frameless roofing, shell systems, experimental verification, frameless structure.

DOI: 10.29295/2311–7257–2018–91–1–325–331
УДК 626.862: 666.973

Гасанов А.Б.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: tsmi@ukr.net)
Шевчук Л.В.
Винницкий колледж строительства и архитектуры
Киевского национального университета строительства и архитектуры

НАПРАВЛЕННОЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В ЗОНЕ КОНТАКТА ПУТЕМ УВЕЛИЧЕНИЯ ПЛОЩАДИ КОНТАКТА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С ПОВЕРХНОСТЬЮ ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Анализ напряженного состояния трубофильтра под действием внешних нагрузок позволил установить характер и величину опасных напряжений в керамзитобетоне и сделать вывод о необходимости пересмотра сложившегося ранее подхода к выбору состава керамзитобетона в связи с тем, что традиционный метод - подбор по прочности на сжатие - не соответствует действительной работе трубофильтра как конструкции, под действием эксплуатационных нагрузок. С целью улучшения эксплуатационных характеристик керамзитобетонных изделий предложен метод оптимизации открытой пористости заполнителя путем частичного заполнения пор цементной пастой на стадии уплотнения бетона.
Ключевые слова: трубофильтр, керамзитобетон, контактная зона, пористость, кольматация.

Анализ проблемы. В последние десятилетия в Украине и в других странах Европы наблюдается усиливающееся негативное влияние подземных грунтовых вод, связанное с поднятием их уровня, что обусловлено как техногенным воздействием возводимых объектов, так и застройкой ранее не осваиваемых территорий, часто заболоченных.

Поднятие уровня подземных грунтовых вод вызывает подтопление городских территорий, заболачивание земель сельских районов, появление оползней, что в конечном итоге вызывает преждевременную частичную или полную потерю эксплуатационных качеств объектов, а в ряде случаев приводит к авариям.

С целью ликвидации этого недостатка разработана конструкция трубофильтров из бетона на керамзитовом заполнителе, однако снижение веса за счет легкого заполнителя привело к снижению прочности бетона, что вызвало уменьшение несущей способности труб, малой допустимой глубины укладки и, как следствие, - ограничению области их применения. Таким образом, такое положительное свойство труб из керамзитобетона как меньший (по сравнению с бетоном на заполнителях из изверженных пород) вес не обеспечивает требуемой прочности и оставляет актуальным вопрос создания облегченных изделий с повышенной прочностью.

Поскольку проницаемость и прочность бетона являются связанными между собой факторами таким образом, что увеличение одного из них ведет к снижению другого, необходимо установить ограничение по одному из них вначале теоретически, а затем экспериментально выявить возможный и реально достижимый максимальный показатель второго фактора.

При уплотнении бетонной смеси на пористых заполнителях цементное тесто частично заполняет поры заполнителя. М. Штоль, О.Ш. Кикава [1] установили, что благодаря заполнению пор цементным тестом прочность R_1, на относительно плотных лёгких заполнителях и трещиноватых выравнивается. М. Штоль и О.Ш. Кикава предложили использовать горячий керамзит для производства высокопрочного керамзитобетона. Это обеспечило ускоренный набор прочности, а также способствовало более глубокому проникновению цементного теста в поры бетона [2].

Установление диапазона требований по проницаемости позволило конкретизировать задачу достижения максимальной прочности пористого бетона. Анализ напряженного состояния трубофильтра под действием внешних нагрузок позволил установить характер и величину опасных напряжений в керамзитобетоне и сделать вывод о необходимости пересмотра сложившегося ранее подхода к выбору состава керамзитобетона в связи с тем, что традиционный метод - подбор по прочности на сжатие - не соответствует действительной работе трубофильтра как конструкции, под действием эксплуатационных нагрузок. Работа керамзитобетона на растяжение выдвигает задачу изучения и разработки технологии повышения прочности материала при растяжении (R_{bt}). Проведенный анализ опубликованных материалов и выполненные теоретические проработки показали возможность повышения прочности легкого бетона путем увеличения прочности контактной зоны. Получено решение, обеспечивающее повышение полноту и скорость заполнения микропор цементным тестом, что позволило значительно повысить прочность керамзитобетона при растяжении, что существенно расширяет область возможного применения керамзитобетонных трубофильтров, позволяя использовать их в городском строительстве для устройства горизонтальных дренажей с заглублением труб на глубину до четырех метров.

Материалы и методы исследования. В исследованиях применены вяжущие вещества, заполнители, микронаполнители, пластифицирующие добавки и химические ускорители твердения. Техническая характеристика цемента приведена в табл. 1.

Таблица 1 - Характеристика вяжущих веществ

№	Наименование показателя	Единица измерения	Показатель
1	Нормативный документ	-	ГОСТ 10178
2	Тип вяжущего	-	Портландцемент
3	Предприятие-изготовитель	-	«Евроцем» г. Балаклея
4	Химический состав		
	CaO	%	64,5
	SiO_2	%	22,5
	Al_2O_3	%	6,0
	FeO	%	3,0
5	Истинная плотность	кг/м^3	3100
6	Удельная поверхность	м^2/кг	250-350
7	Средний размер частиц	м	$5 \cdot 10^{-6}$
8	Марка	м	400

В качестве мелкого заполнителя использован кварцевый песок Безлюдовского

карьера с насыпной плотностью 1500 кг/м^3 и пустотностью 43%.

Исходные материалы и изделия (модели), изготовленные при различных режимах с использованием переменных составов испытывали с применением как стандартных, так и оригинальных методов исследований.

При исследовании прочностных показателей керамзитобетона из бетонной смеси на стандартной лабораторной виброплощадке формовали образцы-балочки размером 40х40х160 мм. Образцы твердели 28 суток в воздушно - сухих условиях, после чего определяли их физико-механические показатели по ГОСТ 237-89 в том числе среднюю плотность $S_{ср}$, прочность сжатии $R_в$, прочность на растяжение при изгибе $R_и$.

Прочность при растяжении керамзитобетона R_{bt} определяли путем изготовления стандартных образцов-восьмерок уплотнение бетонной смеси проводили на стандартной виброплощадке. С пригрузом 0,02 МПа. Образцы твердели в воздушно-сухих условиях в течение 28 суток, в среде с периодическим увлажнением в течение 28 суток, 3 также применяли методы интенсификации процесса твердения путём пропаривания образцов при следующих режимах:

$$t_n = t_b + t_{u1} + t_{u2} + t_0,$$

где t_n – полное время термообработки; t_b - время выдержки до пропаривания; t_{u1} - время изотермического прогрева при температуре T_1; t_{u2} - время выдерживания образцов после изотермического прогрева с постепенным снижением температуры.

Набравшие прочность образцы испытывали на приборе Михаэлиса, позволяющего определить разрывное усилие P_p Прочность при растяжении R_{bt} определяли

$$R_{bt} = \frac{P_p}{S},$$

где S - площадь поперечного сечения образца в наиболее узком месте, см^2.

В процессе времени выдерживания образцов в воздушно-сухих условиях для установления влажностного состояния бетона регулярно поводили испытание средней плотности $P_{ср}$ материала как

$$\rho_{ср} = \frac{M}{V},$$

где M - масса образца, кг V - объём образца, см^3.

Определение $\rho_{ср}$ проводили в первые 3 суток через 4 часа, а затем 1 раз в сутки в течение 25 суток.

Кроме стандартных образцов в исследованиях использовали оригинальные образцы в виде пустотелых цилиндров с геометрическими размерами d_b = 100 мм, d_n = 135 мм, c = 17,5 мм.

Результаты исследований. Для объяснения явления заполнении пор заполнителя цементным тестом составлена физическая модель процесса (рис. 1.).

В поры диаметром d твердого тела 1 проникает цементное тесто 2. Силы, под действием которых цементное тесто заполняет поры представлены в виде их равнодействующей - движущей силы $P_{дв}$ [13].

$$P_{дв} = P_к + P_{вн} \quad (1)$$

где $P_к$, - капиллярные силы; $P_{вн}$ - внешнее давление при уплотнении бетонной смеси.

Согласно закону Дарси и Пуазейля под действием капиллярных сил цементная (вязкая) суспензия проникает на глубину h:

$$h = \frac{\pi \cdot P_k \cdot r^4 \cdot t}{8 \cdot V \cdot \eta} \quad (2)$$

где r - радиус капилляра, t - время действия $R_к$, V_n - объём поры, η- вязкость суспензии

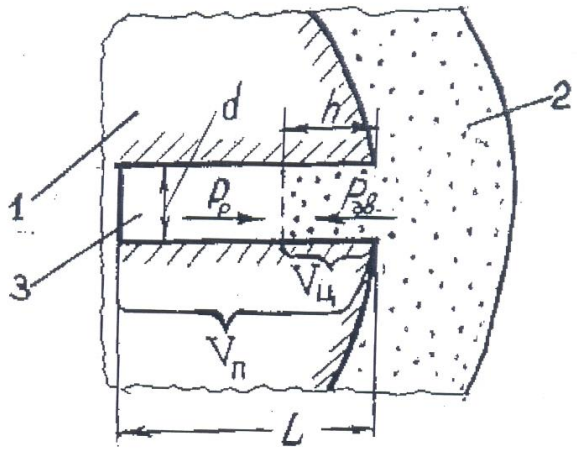

Рис. 1 Модель процесса заполнения поры твердого тела вязкой жидкостью (цементной суспензией). d - диаметр поры, L - длина, h - глубина заполнения, $P_{дв}$ - сила движущая суспензию, $V_п$ - объем пор, $V_ц$ - объем заполненный цементной суспензией, $P_р$ - реактивная сила (противодавление)

$$P_{K_0} = \frac{2\sigma \cdot cos\Theta}{r} \quad (3)$$

где σ - поверхностное натяжение жидкости, Θ - краевой угол смачивания.

Из (2) следует, что время заполнения t составляет:

$$t = \frac{8 \cdot V \cdot \eta \cdot h}{\pi \cdot r^4 \cdot P_k}$$

$P_{вн}$ при виброуплотнении пропорционально весу уплотняемых частиц и равно той части прессующего усилия, которая передается на данный участок формуемого изделия. Из зависимости (2) следует, что при t→ ∞ h→ ∞, т.е. при длительном действии $P_к$ возможно полное заполнение пор. Как известно, этого не происходит. Из модели, представленной на рис. 1, следует, что на суспензию 2, кроме $P_{дв}$ действует реактивная сила $P_р$. Полный баланс сил, действующих на заполняющую поры суспензию:

$$P_{дв} = P_к + P_{вн} - P_р \quad (4)$$

при $P_к + P_{вн} = P_р$, $P_{дв} = 0$, движение суспензии прекращается.

Пористое пространство $V_п$ заполнено газом (воздухом), который сжимается по мере продвижения в поры суспензии. Согласно газовому закону при постоянной температуре:

$$P_р \cdot V_п = const \quad (5)$$

По мере сжатия воздуха занимаемый им объём V_1, уменьшается до величины V_2, тогда из (5) следует

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = const \quad (6)$$

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot V_1}{V_2} \quad (7)$$

$V_2 = V_п - V_ж$, где $V_ж$ - объём, занятый проникающей в поры жидкостью. P_1 - давление в начальный момент ($P_{вн}$), обычно оно равно атмосферному давлению $P_{ат} = P_1$, тогда зависимость (7) принимает вид:

$$P_2 = P_р = \frac{P_{вн} \cdot V_п}{V_п - V_ж} = \frac{P_{ат} \cdot V_п}{V_п - V_ж} \quad (8)$$

Из зависимости (8) следует, что при заполнении 1/2 порового пространства ($V_ж$ = 0,5). $P_2 = 2ат$. P_1; $P_2 ... P_1 = P_р$, за время t_1. Реактивное давление $P_р$ (зависимость (4)) является противодавлением; величина которого растет по мере заполнения пор. На графике (рис. 2) представлена графическая зависимость противодавления от степени заполнения пор. Из графика видно, что достичь даже 90% заполнения пор в обычных условиях (при атмосферном давлении) невозможно. Исследование возможности пропитки пористых материалов [12] и, в частности, бетона, выполненное Физделем, показало, что практически в бетоне можно пропитать 60% объема пор. С практическим действием факта, иллюстрируемого кривой на рис. 2 столкнулись при пропитке деревянных шпал креозотом [2] с целью достичь возможно полного насыщения древесины антисептиком, шпалы пропитывали при давлении 4*ат* что, согласно графика, позволяет заполнить 80% пор.

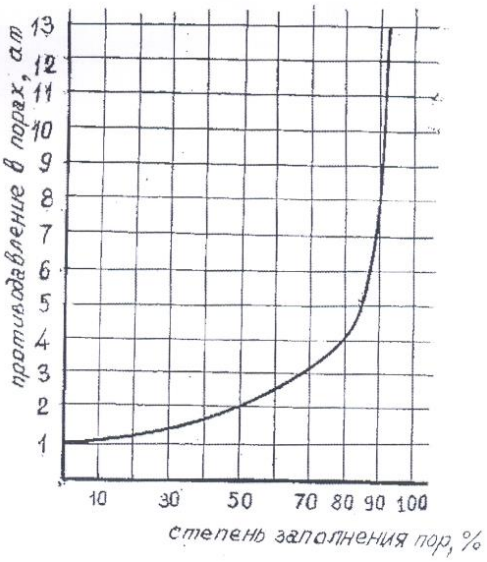

Рис. 2. Давление газа в порах при заполнении пор, заполняемых жидкостью

Однако по уравнению (6) при таком давлении воздух в оставшихся 20% пор сжимается до 4*ат* и когда шпалы вынимают из пропиточной камеры, антисептик под действием давления воздуха внутри древесины, выходит наружу [2]. Кривая на рис. 2 и зависимость (8) показывают, что противодавление сжатого в порах воздуха возрастает. В формуле (8) P_2 - это реактивное давление, а $P_{ат}$ - начальное давление в газе в порах. Поскольку $\frac{V_п}{V_п - V_ж}$ - всегда больше единицы, то увеличение начального давления (вместо $P_{ат}$) то это только увеличит в $\frac{V_п}{V_п - V_ж}$ раз реактивное давление. Отсюда следует, что увеличить глубину проникновения цементной суспензии h за счет увеличения внешнего давления невозможно. Величина $P_к$ (капиллярные силы) постоянная и не регулируемая. Из баланса

сил (4) единственный оставшийся регулируемый параметр - P_p. Если в уравнении 4 принять $P_p = 0$, то тогда

$$P_{дв} = P_к + P_{вн} \quad (9)$$

Поскольку противодавление P_p создается защемленным в порах воздухом, то путем вакуумирования заполнителя возможно создание условий с $P_p = 0$ [10]. Кинетика заполнения пор вязкой суспензией в пористом теле представлена на схеме (рис. 3). Из схемы (рис. 3) понятно, что если $P_{дв} = P_к$, заполнение пор полностью может не произойти, так как по уравнению (2), необходимо учесть величины: r, t и η. Поскольку цементная суспензия (цементная паста) быстро изменяет реологические свойства h_1 и h_2 - высота (глубина) проникновения суспензии в пористое тело по капилляру диаметром - d, $V_ц$ - объем поры, заполненный проникающей суспензией под действием силы $P_{дв}$ (η увеличивается) величина t ограничена. В связи с этим для интенсификации процесса насыщения пор дополнительно к $P_к$ необходимо ввести $P_{вн}$ (внешнее давление).

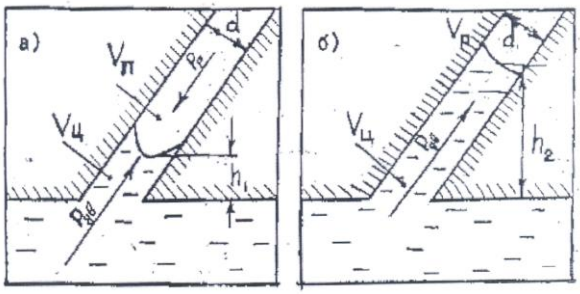

Рис. 3 Кинетика заполнения пор вязкой суспензией: а) поры заполнены воздухом, б) в порах вакуум-пространство.

Физическая модель интенсивного процесса насыщения пор пористого тела может быть представлена в виде следующих элементов:

1. Создание вакуума - Р в пористом теле (рис. 3, а).

2. Приведение в контакт с пористым телом цементной суспензии (рис. 3, б).

3. Приложение к цементной суспензии избыточного внешнего давления $P_{вн}$ [4].

Техническая реализация этой физической модели представлена на рис. 4. В герметически закрытом смесителе заполнитель подвергается вакуумированию, в порах заполнителя создаётся разрежение - P. в этом же смесителе производится перемешивание и гомогенизация цементной пасты (включая наполнитель) [5]. Цементное тесто обволакивает заполнитель и частично проникает в поры на глубину h под действием капиллярных сил. Глубина h определяется зависимостью (2). Она пропорциональна r^4 (радиусу капилляра), времени контакта t и обратно пропорциональна вязкости суспензии η. После того, как все поры частично заполнены цементной суспензией, для более глубокого её проникновения в поры заполнителя необходимо создать внешнее давление $P_{вн}$ [6, 7]. Поры в заполнителе закрыты цементным тестом, и внутри все пористое пространство разрежено. Следовательно, зависимости (4) при $P_p = 0$, и при отсутствии внешнего давления ($P_{вн} = 0$)

$$P_{дв} = P_к \quad (9)$$

Для создания внешнего давления $P_{вн}$ герметичный смеситель разгерметизируется, и в системе, возникает давление, равное атмосферному. Это давление воздействует на цементное тесто: $P_{вн} = P_{ат}$

$$P_{дв} = P_к + P_{ат} \quad (10)$$

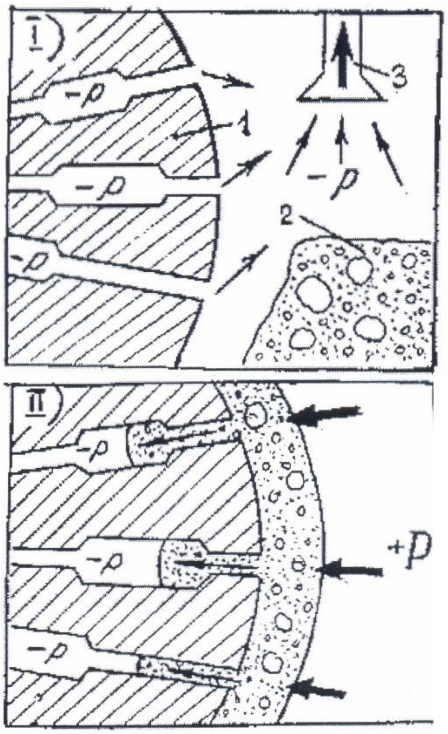

Рис. 4 Двухстадийная обработка бетонной смеси на пористых заполнителях: I) - вакуумирование заполнителя и цементной пасты, II) заполнение пространства пор

Из технологических приёмов, обеспечивающих более полное заполнение пор на первом этапе, когда $P_{дв} = P_к$, согласно зависимости (2) имеется два регулируемых параметра: t и η. Величина t ограничена периодом 3 - 5 мин (180 - 300 с). Снижение η возможно путём введения в цементное тесто [8] поверхностно-активных добавок (ПАВ), вводимых в количестве (в пересчёте на сухое вещество) ~ 0,2%. Уточнение составов пористого бетона, в том числе дозировка добавок, в технологии бетона традиционно выполняется путем экспериментальной проверки разработанных теоретических решений [8].

Таким образом, можно предложить технологический способ повышения сцепления цементного камня с пористым заполнителем путем предварительного вакуумирования с последующим созданием внешнего давления на цементное тесто, что способствует более полному заполнению пор заполнителя и обеспечивает эффективное уплотнение бетонной смеси [5, 14].

Выводы

1. Предложена физическая модель процесса адгезионного взаимодействия между пористым заполнителем и цементным камнем, в соответствии с которой установлены технологические параметры, обеспечивающие формирование прочной зоны контакта между заполнителем и цементным камнем за счет создания разрежения в зернах заполнителя до перемешивания и поднятия давления в смесителе после того, как зерна покрываются цементным тестом.

2. Анализ структурных особенностей пористого бетона показал, что определяющим фактором для повышения R_B, является оптимизация структуры контактной зоны.

3. Для направленного структурообразования зоны контакта предложена физическая модель, в которой представлены силы, действующие при заполнении пор заполнителя цементной пастой.

На основании анализа факторов при формировании зоны контакта разработан новый технологический способ повышения сцепления цементного камня с пористым заполнителем, заключающийся в вакуумобработке заполнителя в период гомогенизации бетонной смеси с последующим созданием внешнего давления на цементное тесто, что способствует более полному заполнению пор заполнителя.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Штоль М., Кикава О.Ш. технология керамзитобетонных изделий на горячем заполнителе. М.: Стройиздат, 1986 г. – 132 с.
2. Лекторский Д.Н. Пропитка древесины. М.: Госметехиздат, 1940, 192 с.
3. Гасанов А.Б. Керамзитобетонные дренажные трубы повышенной прочности. Кандидатская диссертация ХДТУБА, 2002.- 90 с.
4. Вандоловский А.Г., Гасанов А.Б. Формирование и контроль пористой структуры трубофильтров. Науковий вісник будівництва, вип. 6, Харків, ХДТУБА, 1999, с. -50.
5. Ольгинский А.Г. Оценка и регулирование структуры зоны контакта цементного камня с минералами заполнителя, автореф. докт. дисс. Харьков, ХГТБА, 1994.- 35 с.
6. Бужевич Г.А. Легкие бетоны на пористых заполнителях. М.: Стройиздат, 1970.- 272 с.
7. Нациевский Ю.Д. Легкий бетон. Київ, Будівельник, 1977.- 116 с.
8. Дворкин Л.И. Выровой В.Н. и др. Цементные бетоны с минеральными наполнителями. Киев, Будівельник, 1991.- 136 с.
9. Довжик В.Г. и др. Технология высокопрочного керамзитобетона М.: Стройиздат. 1976.- 136 с.
10. Сторожук Н.А. Исследование нового способа уплотнения бетонных смесей под воздействием вакуума. Изв. ВУЗов С и А, №11, 1982.- с. 93-97.
11. Выровой В.Н. Улучшение качества и повышение стойкости керамзитобетона путем обработки керамзитового гравия. ДИСИ. Днепропетровск, 1978.- 19 с.
12. Альтшулер М.А. К теории капиллярной пропитки пористых материалов. Колл. журнал, 1961. Т. 23. №6.- С. 646-651.
13. Гасанов А.Б. Вандоловский А.Г. Повышение прочности при растяжении конструкционного керамзитобетона. Науковий вісник будівництва, вип. 2(80), Харків, ХДТУБА, 2015, с. -162.
14. Комохов П.П., Ларионова З.М. Структурообразование и особенности контактной

зоны легкого бетона. Тезисы докл. III Всесоюзной конференции по легким бетонам. М.: Стройиздат, 1985.- С. 89.

Гасанов А.Б., Шевчук Л.В. НАПРАВЛЕНЕ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В ЗОНІ КОНТАКТУ ШЛЯХОМ ЗБІЛЬШЕННЯ ПЛОЩІ КОНТАКТУ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ З ПОВЕРХНЕЮ ЗАПОВНЮВАЧА. Аналіз напруженого стану трубофільтри під дією зовнішніх навантажень дозволив встановити характер і величину небезпечних напруг в керамзитобетону і зробити висновок про необхідність перегляду сформованого раніше підходу до вибору складу керамзитобетону в зв'язку з тим, що традиційний метод - підбір по міцності на стиск - не відповідає дійсній роботі трубофільтри як конструкції, під дією експлуатаційних навантажень. З метою поліпшення експлуатаційних характеристик керамзитобетонних виробів запропонований метод оптимізації відкритої пористості заповнювача шляхом часткового заповнення пір цементної пастою на стадії ущільнення бетону.

Ключові слова: трубофільтри, керамзитобетон, контактна зона, пористість, кольматація.

Gasanov A.B., Shevchuk L.V. DIRECTIONAL STRUCTURE FORMATION IN THE CONTACT ZONE BY INCREASING THE AREA OF CONTACT OF THE CEMENT STONE WITH THE AGGREGATE SURFACE. The analysis of the stressed state of the pipe filter under the influence of external loads made it possible to establish the nature and magnitude of dangerous stresses in claydite concrete and to conclude that it is necessary to revise the previous approach to the selection of claydite concrete because the traditional method - selection for compressive strength - does not correspond to the actual operation of the pipe filter as a construction, under the influence of operational loads. In order to improve the performance characteristics of claydite-concrete products, a method for optimizing the open porosity of the aggregate by partially filling the pores with cement paste at the stage of compacting concrete is proposed.

Key words: pipe filter, expanded clay concrete, contact zone, porosity, colmatation.

DOI: 10.29295/2311–7257–2018–91–1–331–335
УДК 628.35

Кононцев С. В.[2], Саблій Л.А.[1], Козар М.Ю.[1], Гроховська Ю.Р.[2]

[1] Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна; e-mail: larisasabliy@ukr.net)

[2] Національний університет водного господарства та природокористування (вул. Костомарова, 20, Рівне, 33018, Україна; e-mail: grochovska11@gmail.com)

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИДАЛЕННЯ СПОЛУК НІТРОГЕНУ РОСЛИНАМИ В ІНТЕГРОВАНІЙ МУЛЬТИТРОФІЧНІЙ АКВАКУЛЬТУРІ

У роботі обґрунтовано доцільність вирощування в умовах інтегрованої мультитрофічної аквакультури представників водних рослин з метою очищення оборотної води УЗВ від сполук Нітрогену. Визначено переваги та недоліки альтернативних методів видалення розчинених метаболітів риб.

Ключові слова: біологічне очищення води, УЗВ, інтегрована мультитрофічна аквакультура.

Вступ. Вирощування рибницької продукції в установках із замкнутим водопостачанням (УЗВ) забезпечує найвищі виробничі показники за темпами росту риб та виходу продукції з одиниці площі басейнів. Оскільки повторне використання води у рибницькій системі допустиме лише після її очищення, ефективність процесів відновлення якості оборотної води виступає одним з критичних чинників, що впливають на конкурентоспроможність продукції індустріальної аквакультури.

Аналіз попередніх досліджень. Реалізація традиційної технології нітри-денітрифікації при очищенні оборотної води УЗВ супроводжується рядом характерних проблем, причини та наслідки яких детально описані у роботах [1-3]. Попри те, що включення до схеми очищення оборотної води споруд з денітрифікації забезпечило можливість підвищити частку повторно використаної води до 90-95% [4], потреба у реагентах (метанолі) створює додаткові ризики для риб та зумовлює зростання витрат