

3. Фам Минь Ха. Длительная прочность и напряженно-деформированное состояние анкеровки арматурных стержней периодического профиля акриловыми клеями: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – Харьков, 2000. – 162 с.
4. ДСТУ 2760:2006. Прокат арматурный для железобетонных конструкций. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 28 с.
5. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Ткаченко Р.Б. Зависимость глубины заделки арматурных стержней класса А500С от прочности акрилового клея // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.79. – К.: Техніка, 2007. – С. 36-45.
6. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Ткаченко Р.Б. Прочность анкеровки арматуры класса А500С акриловыми клеями // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. Вип. 16, частина 2. – Рівне, 2008. – С. 410-417.
7. Шутенко Л.Н., Золотов М.С., Ткаченко Р.Б. Длительная прочность анкеровки арматуры класса А500С акриловыми клеями // Науковий вісник будівництва: Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури. ХОТВ АБУ, 2008. – С. 110-114.
8. Золотов С.М. Акриловые клея для усиления, восстановления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций // Будівельні конструкції: Зб. наук. праць. Вип. 59. – К.: НДІБК, 2003. – С. 440-447.
9. Справочник по клеям и клеящим мастикам в строительстве. – М.: Стройиздат, 1984. – 240 с.

УДК 691.015.42

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПРОЧНОСТЬ ЖИДКОСТЕКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ СОСТАВОВ**

д.т.н., проф. Шутенко Л.Н. \*, к.т.н., проф. Золотов М.С.,  
О.Ю.Супрун\*\*

\*Харьковская национальная академия городского хозяйства, г. Харьков  
\*\*СК «Укрпромстрой», г. Харьков

Кислотостойкие растворы на основе жидкого стекла широко применяются в промышленном и коммунальном строительстве, а также при ремонте и реконструкции промышленных объектов для защиты конструкций и сооружений от кислых агрессивных сред [1-7]. Наиболее распространенный вид конструкций, например, покрытия полов, а также облицовка различных каналов, тоннелей, газопроводов. На ряде металлургических, химических, коммунальных, пищевых и других производств, ГРЭС, ТЭЦ из полимерсиликатного раствора выполнена также защита фундаментов под оборудование. Как показали исследования в случае переменных температурных воздействий (положительных или отрицательных) срок службы конструкций из полимерсиликатных составов между капитальными ремонтами сокращается до трех лет. Поэтому необходимо улучшить качество применяемых конструкций с использованием новых эффективных материалов. К этим задачам относится создание новых кислотостойких расширяющихся композиций на основе жидкого стекла, обладающих повышенной непроницаемостью и удовлетворяющих требованиям проведения работ в условиях реконструкции.

Эту задачу авторы решили путём введения в жидкостекольные смеси комплекса активных добавок, обеспечивающих реализацию новых свойств материала. В качестве таких добавок использовались акриловый компаунд и фуфуроловый спирт [8-12]. Акриловый компаунд состоял из полимера (АСТ-порошок) и отвердителя (АСТ-Т-полимер). Разработанные составы подвергались испытаниям на положительные и отрицательные температурные воздействия.

Для сравнения с разработанными составами исследовались составы без добавок полимеров. Составы растворов представлены в табл. 1.

Перед проведением испытаний на температурные воздействия было определено водопоглощение образцов.

Для проведения испытаний на водопоглощение все образцы помещали в воду при нормальной температуре. Уровень воды был выше образцов не менее чем на 200 мм. Перед погружением в воду все образцы взвешивались. Водопоглощение растворных образцов определяли весовым методом. Образцы находились в воде до того момента, пока их масса не становилась постоянной. Через каждые 24 ч образцы вынимали из воды, протирали ветошью и взвешивали. Затем снова погружали в воду. Взвешивание проводили до момента полного водонасыщения.

В качестве растворных образцов использовали кубы размером 100×100×100 мм.

Таблица 1

**Составы кислотостойких растворов и бетонов**

Составы	Компоненты % от сухой смеси к массе											
	кремнефтористый натрий, % кг/м <sup>3</sup>	пятикислотная каолинистая глина, %, кг/м <sup>3</sup>	окись алюминия (глинозем), %, кг/м <sup>3</sup>	алюминиевая пудра ПАП – 2, % кг/м <sup>3</sup>	АСТ-Т в, % кг/м <sup>3</sup>	АСТ-Т ж, % кг/м <sup>3</sup>	фуфуроловый спирт, %, кг/м <sup>3</sup>	диабазовая мука, %, кг/м <sup>3</sup>	речной кварцевый песок, %, кг/м <sup>3</sup>	жидкое стекло (1,4) сверх масс сухого, %, кг/м <sup>3</sup>	общая масса компонентов без жидкого стекла, кг	общая масса свежеприготовленного состава, кг
Р I	3,81 7,62							46,19 923,8	50,0 1000	25,4 508	2000	2508
Р II	3,99 79,8	5,0 100	5,0 100	0,05 0,1				36,005 720,1	50,0 1000	26,6 532	2000	2532
Р III	3,71 74,2		5,0 100	0,05 0,1	2,5 50	1,4 28		37,385 747,7	50,0 1000	24,73 494,7	2000	2494,7
Р IV	2,89 57,8						1,0 20,0	46,11 922,2	50,0 1000	19,27 385,3	2000	2385,3

При повышенных температурах испытывались растворные образцы в виде балочек размером 40 x 40 x 160 мм.

Испытывали образцы воздушного твердения, достигшие 28-суточного возраста.

Цикл испытаний осуществляли следующим образом. Образцы помещали в сушильный шкаф типа СНОЛ, где при 120 °С нагревали в течение 4 ч, после чего погружали в воду на 4 ч, а затем в течение 18 ч хранили на воздухе. Через каждые 20 циклов для определения потери их массы образцы взвешивали затем проводили определение прочности этих образцов, а также контрольных образцов при изгибе и сжатии на прессе FP 100/1.

Испытания на воздействие отрицательных температур, то есть на морозостойкость.

Образцами являлись кубы размером 100x100x100 мм. Испытаниям на морозостойкость по ГОСТ 10060-87 они подвергались после 28 дней твердения на воздухе и выдерживания в воде до полного водонасыщения. Цикл испытаний на морозостойкость: 4 часа выдержки в холодильной камере при температуре -15...-20°С, остальное время суток – в воде с температурой +15...+20°С. Часть образцов (по три в серии) после извлечения из морозильной камеры не погружалась в воду, а хранилась на воздухе при комнатной температуре (20...24°С) и относительной влажности воздуха 45...55%. Через каждые 10 циклов определялась прочность образцов растворов.

Результаты экспериментов по определению водопоглощения представлены на рис. 1, где показана кинетика поглощения воды растворными образцами. Анализ этих графиков говорит о том, что наиболее активное водопоглощение происходит в первые трое суток. Затем оно замедляется и прекращается через 8 суток выдерживания образцов в воде.

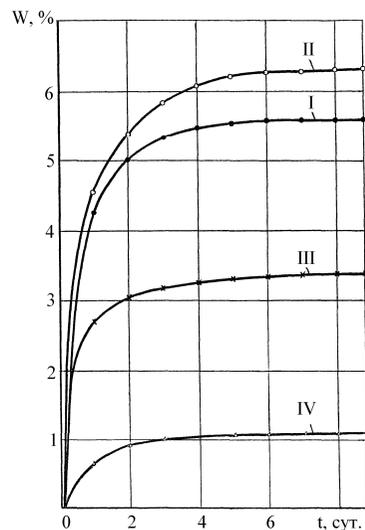


Рис. 1. Кинетика водопоглощения растворных образцов

Наибольшее водопоглощение наблюдалось для состава РII – 6,5%, затем у состава PI – 5,6%. Наименьшее водопоглощение у состава PIV. Оно составило 1,2%, а для состава PIII – 3,4%.

Анализ полученных результатов показывает, что наименьшее водопоглощение наблюдалось у состава IV, в который входит фурфуроловый спирт. Хороший результат наблюдается также и у состава III с добавкой акрилового компаунда.

Изучение данных по потере массы испытываемых образцов по сравнению с контрольными показал следующее. Снижение массы особенно заметно после 40 циклов испытаний. У состава P I наблюдается снижение массы после 40 циклов на 4%, у состава P II – на 8%, у состава P III – на 1,8%, у P IV – на 1,4%. К концу испытаний, т.е. через 100 циклов испытаний масса снижается ещё значительней: состав P I – на 6,5%; состав P II – на 13,6%; состав P III – на 4,1%; состав P IV – на 3,2%.

Нужно отметить, что в образцах P I и P II после 40 циклов испытаний наблюдалось частичное их разрушение.

Результаты исследований прочности испытываемых образцов однозначно коррелируют с приведенными выше данными.

Скорость приложения нагрузки при определении прочности образцов на изгиб и сжатие была принята равной 2 МПа/с, а температура воздуха колебалась в пределах 18-20°С.

Определение прочности при изгибе выполняли на образцах-балочках длиной 160 и поперечным сечением 40x40 мм в специальном приспособлении на прессе FP 100/1 со шкалой силоизмерителя 10 кН.

Предел прочности при изгибе подсчитывали по формуле

$$G = M / W, \quad (1)$$

где  $M$  – максимальный изгибающий момент, предшествующий разрушению;  $W$  – момент сопротивления площади поперечного сечения балки.

Предел прочности при сжатии вычисляли путем деления разрушающей нагрузки  $P$  на первоначальную площадь поперечного сечения  $F_0$ , то есть

$$G = P_{\max} / F_0. \quad (2)$$

Результаты определения прочности при кратковременном статическом нагружении на сжатие и изгиб приведены на графиках изменения прочности образцов в зависимости от количества циклов испытаний (рис. 2).

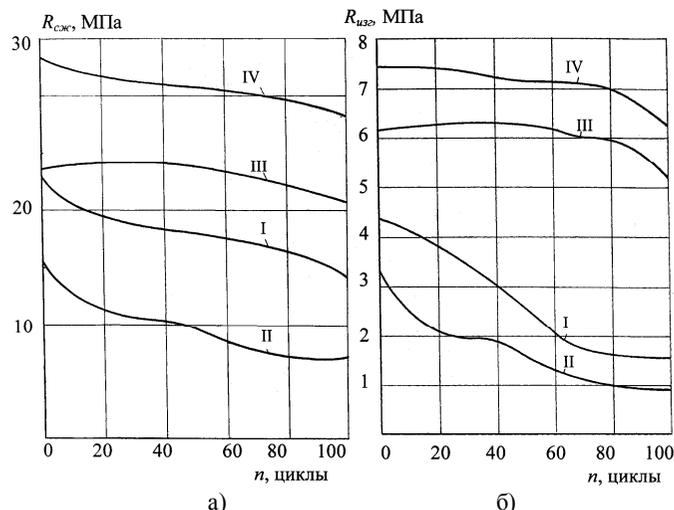


Рис.2 – Изменение прочности на сжатие и на изгиб растворяемых образцов при испытании на теплостойкость: I – раствор РI; II – раствор РII; III – раствор РIII; IV – раствор РIV

По результатам испытаний и из графиков видно, что прочность при сжатии и изгибе значительно уменьшается после 40 циклов испытаний. Особенно отмечено снижение предела прочности как при изгибе, так и при сжатии у растворяемых образцов I и II составов. Уже после 40 циклов у Р I предел прочности при сжатии снизился на 19,5%, а в образцов Р II он снизился на 32,5%. Еще большее снижение прочности наблюдается в этих составах после 80 циклов: Р I – 31,7%; Р II – на 49,2%.

Однако на протяжении всех испытаний в образцах составов III и IV наблюдается незначительное и равномерное снижение прочности. Так, у состава III после 80 циклов прочность снижается на 3,2, у состава IV – на 6,9%. Причем к 80 циклу снижение прочности как у III, так и у IV составов замедляется. Очевидно, что определенным образом сказывается на прочности составов введение в Р III акрилового компаунда, а в Р IV – фурфуролового спирта.

Испытания на морозостойкость образцов растворов показало следующее. В образцах составов Р I и Р II после 50 циклов замораживания наблюдалось снижение массы и их разрушение. После 100 циклов снижение массы состава Р I произошло на 3,6, а у Р II на 3,7%.

В образцах Р III и Р IV снижение массы составило всего около 0,4%. Разрушение образцов не наблюдалось.

Результаты испытания образцов на прочность представлены на графике (рис. 3). Анализ результатов этих испытаний показал следующее. Наибольшее снижение предела прочности в образцах составов Р I и Р II, причем у состава Р II снижение прочности наиболее заметно после трех циклов испытания. После 30 циклов у образцов Р I прочность снизилась на 3,2%, а после 100 циклов – на 15,9%, а у образцов Р II прочность снизилась после 30 циклов на 3,6%, а после 100 циклов – на 50,2%.

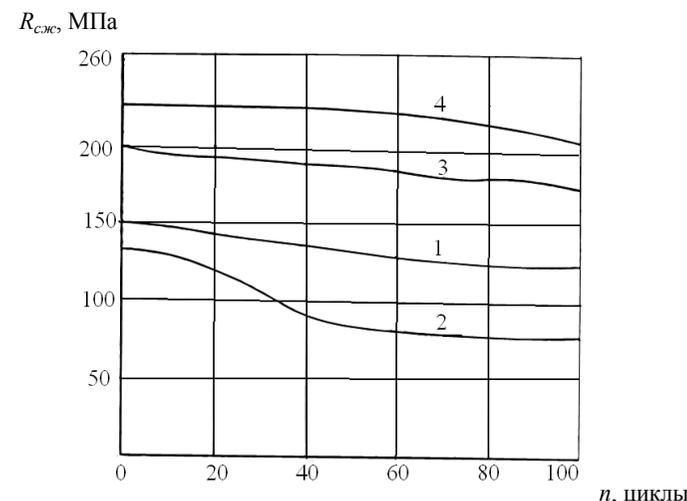


Рис. 3. Изменение прочности образцов растворяемых составов (100x100x100 мм) при испытании на морозостойкость:

1 – раствор РI; 2 – раствор РII; 3 – раствор РIII; 4 – раствор РIV

Наиболее прочными при испытаниях оказались образцы составов III и IV. Даже после 100 циклов испытаний прочность у Р III снизилась на 11,9%, а у Р IV – на 7,5%.

Таким образом, результаты исследований физико-механических свойств жидкостекольных композиций при испытании их на теплостойкость и морозостойкость показывают, что наиболее прочными являются образцы составов III и IV. Вместе с тем необходимо провести еще ряд экспериментов по определению их физико-механических и физико-химических свойств.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бабушкина М.И. Жидкое стекло в строительстве. – Кишинев: Картия молдовеняскэ, 1971. – 223 с.
2. Винарский В.Л. Защитные покрытия и футеровки в строительстве. – К.: Будівельник, 1976. – С. 173.
3. Репин А.А., Хрусталева Н.В., Кем А.Е. Антикоррозионные кислотоупорные материалы и покрытия в промышленном строительстве. – Челябинск: Кн. изд-во, 1988. – 155 с.
4. Корнеев В.И., Данилов В.В. Производство и применение растворимого стекла: Жидкое стекло. – Л.: Стройиздат Ленингр. отд., 1991. – 176 с.
5. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. – СПб.: Стройиздат, 1996. – 216 с.
6. Чехов А.П., Глушенко В.М. Захист будівельних конструкцій від корозії: Навч. посібник. – К.: Вища школа, 1994. – 224 с.

7. Супрун О.Ю. Жидкостекольные композиции для защиты строительных конструкций от коррозионных воздействий // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 63. – К.: Техніка, 2005. – С. 108-116.
8. Золотов М.С., Супрун О.Ю. Ресурсосберегающие жидкостекольные смеси для защиты строительных конструкций коммунальных предприятий от коррозии // Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Проблеми та перспективи енерго-, ресурсозбереження житлово-комунального господарства». – Алушта: ХОП НТТ КГ та ПО, ХНАМГ, 2005. – С.134-137.
9. Золотов М.С., Супрун О.Ю. Состав полимерсиликатов с применением акрилового компаунда // Тезисы докл. VII Междунар. науч.-техн. интернет-конф. «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве». – Харьков: ХНАГХ, 2006. – С.55-56.
10. Супрун О.Ю., Золотов М.С. Жидкостекольные композиции для защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций сооружений водоснабжения и водоотведения // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып. 74. – К.: Техніка, 2006. – С. 336-340.
11. Кислотостійка полімерсиликатна композиція / Патент на корисну модель № 2-349 Украина, МПК С04В 28/26 (Золотов М.С., Супрун О.Ю., Волнувач С.В. и др.); Опубл. 15.01.2007, Бюл. № 1.

УДК 624.01

### РАСЧЕТ ГИБКОЙ ПОЛОГОЙ НИТИ КАК ЭЛЕМЕНТА МАЧТОВОЙ СИСТЕМЫ

Яровой Ю.Н., к.т.н.\*, Левада В.А., бакалавр\*, Ворончагин П.Ф. \*\*, Попов В.В. \*\*, Грик А.Р., доц. к.т.н.\*\*\*

\* Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры

\*\* ГП “Восточный экспертно-технический центр”

\*\*\* Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

В связи с активным развитием мобильной связи, возникла необходимость установки большого количества башенных и мачтовых сооружений для размещения антенного оборудования. Как правило, сооружения устанавливаются в условиях сложившейся плотной застройки, действующих предприятий, на крышах эксплуатируемых зданий и сооружений.

Наиболее востребованными сооружениями являются мачты на оттяжках, что требует совершенствования методов их расчета и проектирования.

Мачтовая система представляет собой упругую систему, которая состоит из вертикального стержня (ствола мачты), опертого нижним концом на фундамент, раскрепленного в различных уровнях по высоте некоторым числом гибких нитей (оттяжек). Оттяжки закреплены на нижнем конце к анкерным фундаментам. Расчетной схемой мачты на оттяжках является сжатый или сжато-изогнутый стержень на упруго-податливых опорах. Жесткости опор определяют устойчивость стержня. Каждая упругая опора

мачты представляет собой некоторое число гибких пологих нитей (оттяжек), прикрепленный к ее стволу в одном уровне.

Мачтовая система воспринимает внешние нагрузки, вызванные различными факторами: ветром, перепадам температуры, появлением гололеда и т. д. При этом усилия, как в стволе, так и в оттяжках мачты могут изменяться в широких пределах.

Изменение распора каждой гибкой нити (из числа нитей, образующих упругую систему) при том, или ином нагружении мачтовой системы приводит к изменению жесткости этой упругой опоры. Жесткость одной и той же упругой опоры оказывается неодинаковой по различным горизонтальным направлениям.

Приближенные методы расчета гибких нитей содержат ряд допущений и требует классификации гибкой нити по геометрической схеме. Целью данной работы является обоснование метода расчета гибкой нити (оттяжки), который позволит достаточно полно учесть параметры гибкой нити и выполнить расчеты по приближенным формулам.

В качестве примера рассмотрим пологую нить, закрепленную в разных уровнях (рис.1).

$$L = 40 \dot{i} \text{ ;}$$

$$\dot{I} = 60 \dot{i} \text{ ;}$$

$$q = 1.5 \dot{e} \dot{a} / \dot{i} \text{ ;}$$

Начальное натяжение в точке А:  $\dot{O}_A = 150 \dot{e} \dot{a}$ .

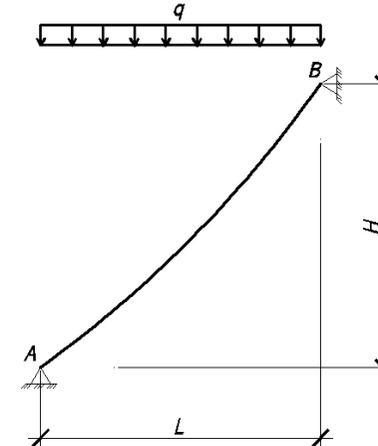


Рис.1. Пологая нить, закрепленную в разных уровнях

Начальная форма провисания гибкой нити определяется уравнением цепной линии, параметрами которой являются собственный вес и горизонтальная составляющая усилия натяжения.