

нальных работ или заменить дорогой материал на более дешевой, отнюдь не худший. Или использовать более дорогой материал с большим сроком эффективной эксплуатации, у которого меньше затраты на эксплуатационные расходы, приведение в годное состояние, смену покрытия.

Разработана и внедрена в ряд строительных организаций Брестской области программа автоматизации мониторинга отделочных работ (рис.1), позволяющая произвести комплексную оценку и выбор наиболее конкурентоспособного варианта производства отделочных работ, упрощающая практическое использование методики подрядчиками (строительными организациями), потребителями (заказчиками), органами государственного управления, изготовителями и поставщиками строительных материалов, проектными организациями и творческими мастерскими.

Под мониторингом отделочных работ как частью системы управления экономикой понимается организованное целевое непрерывное (систематическое) наблюдение и краткосрочное прогнозирование хода внешних и внутренних технико-экономических, нормативно-правовых процессов с целью их анализа, идентификации и выявления круга регулируемых факторов в процессе подготовки и принятия решений.

Представляется, что на современном этапе особое значение и целесообразность приобретает интеграционный мониторинг (рис.2) (трактуются как результат перегруппировки традиционных информационно-управленческих функций, объединя-

ющих элементы технико-экономической статистики, нормативно-правовой информации, экономического анализа и прогнозирования) позволяющий с одной стороны, создать условия его проблемного и методического развития, с другой – способствовать решению актуальных задач управления экономикой.

Возможны также нестандартные (специальные) виды и аспекты мониторинга, ориентированные на конкретную проблемно-целевую область и процесс развертывания последствий принятия экономических решений.

В организационном плане МОР мог бы опираться на имеющуюся структуру статистических органов, на структурные подразделения производственно-технических отделов организаций, структуры республиканского контроля ценообразования, а также на службы экономического и нормативно-правового анализа. Отношения должны строиться на основе различных форм функциональной интеграции.

Целесообразно было бы создание аналитического центра МОР, в задачу которого входила бы разработка его методологии и методики. На уровне предприятий можно рекомендовать сформировать службу (группы, бюро, отделы) МОР в качестве обобщающих элементов в системе управления экономикой предприятия, где будут интегрироваться данные анализа производственно-хозяйственной деятельности, нормативно-правовой информации, технические аспекты, а также, возможно, маркетинговых исследований и стратегических разработок.



Рис. 2. Структура мониторинга отделочных работ

УДК 666.972.16

Сафончик Д.И., Бозылев В.В.

## К ВОПРОСУ О МЕХАНИЗМЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ДОБАВКИ СПБ НА ЦЕМЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ

Применение химических добавок является одним из наиболее эффективных и простых способов изменения свойств бетонных смесей и бетонов, улучшения их качества. Важное место среди многообразия применяемых добавок

занимают добавки-модификаторы бетонных смесей, называемые суперпластификаторами. Такие добавки позволяют значительно

Сафончик Дмитрий Иосифович, магистр технических наук, аспирант каф. строительного производства Полоцкого государственного университета.

Бозылев Василий Васильевич, к.т.н., доцент каф. строительного производства Полоцкого государственного университета Беларусь, УО «Полоцкий Государственный Университет», 211440, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29.

Таблица 1. Подвижность цементного теста, модифицированного добавкой СПБ.

| Кол-во до-<br>бавки СПБ, % | Подвижность цементного теста в зависимости от вида цемента<br>и способа ввода добавки, см |            |                               |            |                           |            |
|----------------------------|---|------------|-------------------------------|------------|---------------------------|------------|
|                            | Волковысский<br>ПЦ 500 - ДО   |            | Костюковичский<br>ПЦ 500 - ДО |            | Кричевский<br>ПЦ 500 - ДО |            |
|                            | совместный  | раздельный | совместный                    | раздельный | совместный                | раздельный |
| 0                          | 6   | 6          | 6                             | 6          | 6                         | 6          |
| 0,2                        | 6   | 7          | 6,2                           | 7          | 7                         | 9,8        |
| 0,4                        | 8   | 13,5       | 9,1                           | 11,4       | 11,3                      | 14,7       |
| 0,6                        | 10,4  | 17         | 12,9                          | 15,2       | 14,8                      | 17,4       |
| 0,8                        | 14,4  | 18         | 16,8                          | 17,6       | 16,8                      | 18         |
| 1,0                        | 16,9  | 18         | 17,9                          | 18         | 18                        | 18         |
| 1,2                        | 17,5  | 18         | 18                            | 18         | 18                        | 18         |

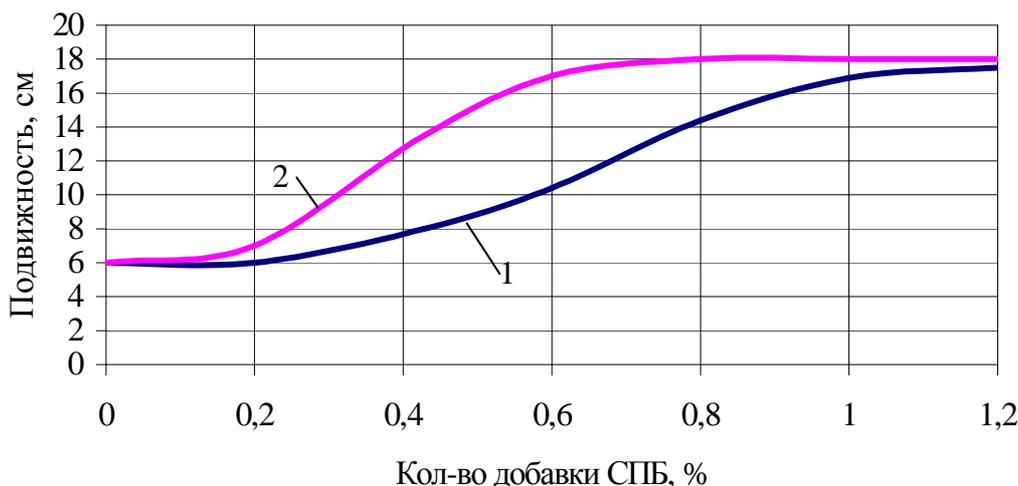


Рис. 1. Изменение подвижности цементного теста при введении добавки СПБ (Волковысский ПЦ 500 - ДО):

- 1 – совместный ввод;  
2 – раздельный ввод.

увеличивать подвижность бетонных смесей без снижения прочности бетона.

Наиболее часто применяемый в практике отечественного строительства суперпластификатор С-3, а также поставляемые в республику зарубежные суперпластификаторы являются дорогостоящими из-за высокой стоимости исходного сырья. При этом затраты на приобретение добавки часто перекрывают эффект от ее применения и приводят к удорожанию конструкций. Поэтому разработка недорогих и эффективных суперпластификаторов на основе доступных вторичных продуктов химических производств является важной научной и технологической задачей.

В Республике Беларусь на Новополоцком заводе БВК выпускается недорогая пластифицирующая добавка СПС [1]. Сырьем для добавки служит тяжелая смола пиролиза – крупнотоннажный отход при изготовлении полиэтилена на ПО «Полимир» (г. Новополоцк). Пластификатор СПС является добавкой комплексного действия и обеспечивает получение как эффекта пластификации бетонных смесей, так и ускорение набора прочности бетоном в ранние сроки. Наличие значительного количества сульфата натрия (до 60 %) в составе добавки СПС сужает область ее применения из-за опасности возникновения сульфатной коррозии бетона. Известный суперпластификатор С-3 также содержит в своем составе  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в количестве до 10 %.

Для повышения пластифицирующей способности до уровня добавок – суперпластификаторов, из добавки СПС отделяли сульфат натрия до остаточного значения, соответствующего содержанию  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в суперпластификаторе С-3. Для этого использована особенность сульфата натрия – способность лег-

ко переходить в кристаллическое состояние при снижении температуры раствора. Так, если при 20°C предельная концентрация сульфата натрия в растворе составляет 30 %, то при температуре от 0 до 5°C этот показатель равен 7–12 % [2]. Разработанная добавка получила условное название «Добавка пластифицирующая СПБ для бетонов и растворов» [3].

В табл. 1 приведены результаты исследования пластифицирующей способности добавки СПБ на цементах, выпускаемых заводами Республики Беларусь. Добавка вводилась в цементное тесто двумя способами – вместе с водой затворения (совместный ввод) или через пять минут после введения воды затворения (раздельный ввод).

Для изучения подвижности цементного теста с добавкой СПБ использовали мини-конус НИИЖБ [4]. Подвижность оценивали по распылу цементного теста под действием силы тяжести после снятия мини-конуса. Добивались распыла 6 см для бездобавочного состава цементного теста с использованием изучаемых цементов. Со стабилизированным водоцементным отношением готовили цементное тесто, модифицированное добавкой СПБ, измеряли диаметр распыла. Расход добавки СПБ находился в пределах 0,2 - 1,2 % от массы цемента.

На рис. 1 для Волковысского цемента представлены графические зависимости изменения подвижности цементного теста от количества добавки и способа ее ввода. Значения расходов добавки, обеспечивающих достижение максимального пластифицирующего эффекта для Волковысского цемента при совместном вводе равны 0,9-1,0 %, а при раздельном – 0,6-0,7 %. Для Костюковичского цемента эти значения равны соответственно 0,8- 1,0 % и 0,6-0,8 %. Для Кричевского цемента – 0,8-1,0 % и 0,5-0,7 %. Полученные данные указы-

Таблица 2. Количество адсорбированной цементным тестом добавки СПБ

| Количество адсорбированной добавки СПБ, %, при способе ввода: | Исходное количество добавки СПБ, % |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|   | 0,2                                | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 1    | 1,2  | 1,4  | 1,6  |
| Волковысский ПЦ 500 - ДО                                      |                                    |      |      |      |      |      |      |      |
| совместный  | 0,19                               | 0,39 | 0,58 | 0,74 | 0,82 | 0,84 | 0,86 | 0,86 |
| раздельный  | 0,20                               | 0,36 | 0,52 | 0,56 | 0,57 | 0,58 | 0,57 | 0,59 |
| Костюковичский ПЦ 500 - ДО                                    |                                    |      |      |      |      |      |      |      |
| совместный  | 0,19                               | 0,34 | 0,48 | 0,61 | 0,72 | 0,78 | 0,80 | 0,81 |
| раздельный  | 0,16                               | 0,27 | 0,35 | 0,44 | 0,48 | 0,50 | 0,51 | 0,51 |
| Кричевский ПЦ 500 - ДО  |                                    |      |      |      |      |      |      |      |
| совместный  | 0,19                               | 0,38 | 0,54 | 0,61 | 0,63 | 0,65 | 0,66 | 0,67 |
| раздельный  | 0,19                               | 0,34 | 0,43 | 0,46 | 0,47 | 0,47 | 0,48 | 0,48 |

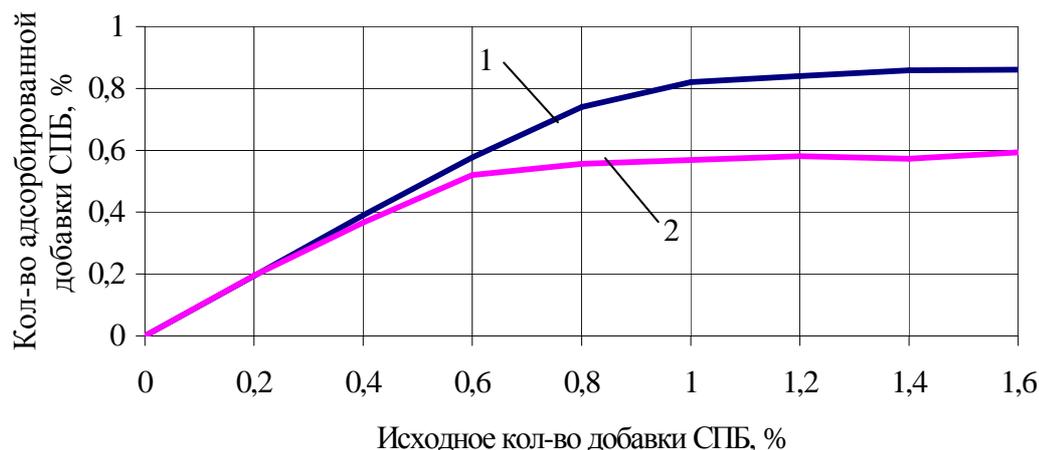


Рис. 2. Оценка адсорбции Волковысским цементом добавки СПБ:

- 1 – совместный ввод;  
2 – раздельный ввод.

вают на то, что количество добавки СПБ, необходимое для достижения максимального пластифицирующего эффекта, неодинаково для разных цементов и при разных способах ввода добавки.

В настоящее время отсутствует единое мнение о механизме действия добавок - суперпластификаторов, о причинах их разжижающего действия. В связи с этим требуется проведение исследований по изучению механизма действия суперпластификатора СПБ в цементных системах, что позволит выработать рекомендации по рациональным областям использования и оптимальным дозировкам, способам ввода добавки СПБ.

При изучении механизма действия суперпластификаторов большинство исследователей делают вывод о том, что их пластифицирующее действие носит комплексный характер. При введении суперпластификаторов имеет место эффект пептизации, дефлокуляции агрегированных частиц цемента. Адсорбированные на них молекулы олигомера из состава добавки разделяют их, экранируют и придают цементно-водной суспензии однородность. При этом из флокул высвобождается иммобилизованная вода, вследствие чего увеличивается объем дисперсной фазы, суспензия разжижается и вязкость ее снижается [5].

Механизм действия большинства суперпластификаторов тесно связан с адсорбцией добавки на поверхности гидратирующего цемента. Применительно к добавке СПБ были выполнены эксперименты по изучению процесса адсорбции этой добавки на поверхности цемента. Для оценки сорбционной способности суперпластификатора СПБ использовали метод фотоколориметрии, позволяющий оценивать адсорбцию окрашенных растворов добавок. Фотоколориметриче-

ский метод анализа характеризуется высокой точностью, чувствительностью и простотой, позволяет выполнять количественный анализ растворов различной концентрации [6].

Методика проведения исследований включала стадию приготовления цементного теста с добавкой СПБ. Добавка сорбировалась на поверхности цемента, при этом ее концентрация в водной фазе уменьшалась, что приводило к снижению интенсивности окраски. Сравнивая светопоглощение исходного раствора добавки и растворов, полученных фильтрованием цементного теста с добавкой СПБ, определяли концентрацию добавки в отфильтрованном растворе. По найденному значению вычисляли количество адсорбированной на поверхности цемента добавки.

Для исследований применялся фотоколориметр ФЭК-К-57, являющийся двухлучевым прибором с двумя фотоэлементами, включенными навстречу друг другу. Расход добавки СПБ варьировался в пределах 0,2 - 1,6 % с шагом 0,2 % (в пересчете на сухое вещество по массе цемента). В качестве раствора сравнения выбрана вода. Все определения проводились на кюветах с расстоянием между рабочими гранями 10 мм. Результаты измерений сорбционной способности приведены в табл. 2.

На рис. 2 представлены для Волковысского цемента графические зависимости количества адсорбированной добавки от количества вводимой добавки. Данные табл. 1 позволяют проследить процессы адсорбции добавок на разных цементах при различных способах ввода добавки. Полученные результаты позволяют отнести изучаемую добавку СПБ к классу адсорбционно-взаимодействующих с поверхностью твердой фазы цементов, в результате чего добавка необратимо сорбируется на поверхности.

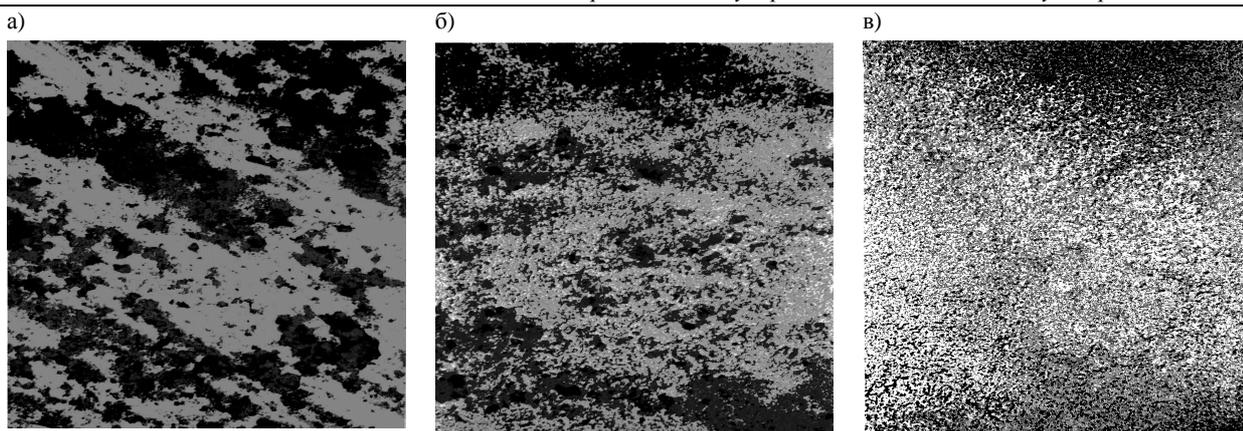


Рис. 3. Микрофотографии цементно-водной суспензии при 200 крат величении.

а – без добавки;  
 б – 0,6% добавки СПБ (совместный ввод);  
 в – 0,6% добавки СПБ (раздельный ввод).

Для всех видов цемента наблюдается общая закономерность в изменении характера процесса адсорбции, который можно разделить на два этапа. На первом количество адсорбированной добавки возрастает, т.е. адсорбат (добавка СПБ) активно заполняет поверхность цемента. Этот процесс происходит до определенного предела, различного для каждого вида цемента и способа ввода добавки. Для Волковысского цемента этот предел наступает при вводе 0,8 – 1,0 % добавки СПБ (совместный ввод) и 0,5 – 0,7 % (раздельный ввод). Для Костюковичского цемента эти значения равны 0,8 – 1,0 % и 0,6 – 0,8 %. Для Кричевского цемента предельные значения равны 0,7 – 0,9 % и 0,5 – 0,7 % соответственно.

На втором этапе возникает так называемый «слой насыщения», т.е. практически вся поверхность цемента покрыта пленкой добавки, графическое изображение данного этапа приближается к горизонтальной линии.

Найденные значения количества добавки, соответствующие прекращению интенсивной адсорбции добавки СПБ на поверхности цемента, совпадают со значениями количества добавки, обеспечивающими проявление максимального пластифицирующего эффекта, определенного на мини-конусе. Следовательно, пластифицирующий эффект изучаемой добавки зависит от способа ввода и величины адсорбции добавки конкретным видом цемента.

Для подтверждения вывода о диспергирующем действии добавки проведен микроскопический анализ цементно-водной суспензии с добавкой СПБ. Добавка СПБ в количестве 0,6 % вводилась в цементное тесто совместно или раздельно с водой затворения. Для эксперимента применялся Волковысский ПЦ 500 - ДО. Фотографии выполнены с увеличением 200 крат в поляризованном отраженном свете на микроскопе «Axiovert-10» и представлены на рис. 3.

Микроскопический анализ цементно-водной суспензии показывает, что введение суперпластификатора СПБ приводит к диспергированию крупных частиц (флокул), в результате чего освобождается иммобилизованная вода и происходит увеличение подвижности цементного теста. На рис. 3в представлена суспензия, соответствующая максимальной подвижности теста. На рис. 3б видны не до конца дефлокулированные, а также агрегированные частицы цемента. Полная пептизация агрегированных зерен цемента при раздельном вводе получена с количеством добавки 0,6 %, при совместном вводе пептизация наступает при вводе добавки СПБ в количестве 0,9-1,0 % (табл. 1).

Выполненные экспериментальные исследования позволили установить связь между пластифицирующей способностью

добавки и способностью конкретного вида цемента адсорбировать добавку СПБ. При этом значение количества ввода добавки, обеспечивающей максимальный пластифицирующий эффект при использовании предложенной методики исследований совпало с количеством добавки, обеспечивающей достижение предела адсорбции добавки цементом.

Жизнеспособность бетонных смесей обеспечивается введением добавки гипса, которая позволяет поддерживать удобоукладываемость до 45 минут. Введение пластифицирующих добавок изменяет характер поведения бетонных смесей. Нормы устанавливают допустимое снижение в 2 раза удобоукладываемости для бетонных смесей, модифицированных суперпластификаторами в течение 45 минут [7].

Сложность задачи поддержания удобоукладываемости связана с непрерывным возрастанием концентрации новообразований в жидкой фазе и связыванием свободной воды данными соединениями. Выполненные эксперименты показали незначительное увеличение количества адсорбированной добавки СПБ зернами цемента с течением времени. Так, значения величины адсорбции через 5 и 45 минут после затворения цемента водой показали увеличение данного показателя с 80,5 % до 81,7 % (по отношению к количеству добавки, введенной в цементное тесто).

Выполнен поиск путей возможного увеличения жизнеспособности цементных систем, модифицированных добавкой СПБ. По данным литературных источников было отобрано 8 веществ, которые обеспечивают продление жизнеспособности бетонных смесей, пластифицированных суперпластификаторами. Изучение влияния данных веществ на изменение подвижности цементного теста проводилось на мини-конусе НИИЖБ с замером расплыва теста через 5, 23 и 45 минут. Использовали Красносельский ПЦ 500 - ДО и Костюковичский ПЦ 500 - ДО.

Увеличение жизнеспособности до 45 минут было достигнуто при вводе 0,2 % яблочной кислоты при использовании Костюковичского цемента и добавки СПБ в количестве 0,5 %. Для двух видов цемента подвижность 45 минут сохранялась при вводе 0,03-0,07 % сахара. Бура обеспечивала сохранение подвижности при вводе 0,75-1 % вещества от веса цемента. Дополнительное введение 0,25-0,75 % гипса также обеспечивало сохранение подвижности.

Расчет расхода добавки для пластификации бетонных смесей необходимо вести также с учетом количества добавки, адсорбированной на поверхности заполнителей. Вывод сделан по результатам определения величины адсорбции добав-

ки СПБ песком карьера Боровое. Значения величины адсорбции составили 0,127-0,135 %.

Выполненные исследования по изучению механизма действия суперпластификатора СПБ позволяют отнести ее к добавкам адсорбционно-взаимодействующим с поверхностью цементов. Процесс адсорбции добавки приводит к дефлокуляции агрегированных частиц цемента, высвобождению иммобилизованной воды и повышению подвижности цементного теста.

Результаты исследований дают возможность направленно вести поиск путей снижения расхода добавки СПБ путем создания условий, обеспечивающих снижение адсорбции добавки. В частности, при раздельном вводе обеспечивается снижение на 24-28 % количества добавки, необходимой для достижения максимальной подвижности. Для увеличения периода жизнеспособности цементного теста с добавкой СПБ отобраны вещества, обеспечивающие высокую подвижность в течение 45 минут.

Результаты исследований свидетельствуют о необходимости при назначении расхода добавки СПБ вводить поправку на частичное поглощение добавки заполнителем и учитывать характеристику адсорбционной способности конкретного вида цемента, соответствующую максимальной подвижности цементного теста.

УДК 624.155.001.24

**Чернюк В.П., Самкевич В.А., Чернюк М.В.**

## УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ТИПА МОЛОТА ДЛЯ ЗАБИВКИ СВАЙ

В учебнике [1] при выборе молотов для забивки свай сказано, что "ориентировочно вес ударной части молота одиночного действия и дизель-молота для забивки железобетонных свай должен быть при длине сваи более 12 м, не менее веса сваи, а при длине до 12 м – не менее 1,5 и 1,25 веса сваи (если забивка ведется соответственно в плотных грунтах и грунтах средней плотности)." Например, если забивается свая марки С8-30 длиной 8 м и массой 1,83 т [2], то масса ударной части молота должна составлять  $m_y = 1,25 \cdot 1,83 = 2,35$  т. Такие молоты имеются, например, трубчатый дизель-молот с воздушным охлаждением С-949А, у которого  $m_y = 2,5$  т, а высота падения составляет  $H = 3$  м [3].

Согласно СНиП 3.02.01-87 при выборе молота для забивки железобетонных свай обязательно выполнение условия, что минимальная энергия удара молота  $E_H = 0,045N$ , кДж, где  $N$  – расчётная нагрузка, передаваемая на сваю, кН [4].

Получается, если будущая расчётная нагрузка  $N$ , передаваемая на погружаемую сваю, будет незначительной или равна 0, то  $E_H = 0$  и для забивки такой сваи никакого молота не нужно.

В СНиП 2.02.03-85 [6] и [3] значение  $N$  рассчитывают исходя из условия

$$N \leq \frac{F_d}{\gamma_k}, \quad (1)$$

где  $F_d$  – расчётная несущая способность грунта одиночной сваи, кН;

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СТБ 1414 – 2003. Добавка СПС для бетонов и растворов. Технические условия; Введ. 01.01.2004. - Минск.: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2004. – 15 с.
2. Сафончик Д.И., Бозылев В.В. Пластифицирующая добавка СПБ для бетонных смесей и бетонов // Материалы Международной научно-технической конференции «Прогрессивные технологии, технологические процессы и оборудование» - Могилев, 2003. – с. 419-421.
3. ТУ РБ 300220696.334 – 2003. Добавка пластифицирующая СПБ для бетонов и растворов. Опытная партия, 2003. – 9 с.
4. Рекомендации по физико-химическому контролю состава и качества суперпластификатора С-3 / НИИЖБ Госстроя СССР. - М.: Стройиздат, 1984. - 56 с.
5. Иванов Ф.М., Москвин В.М., Батраков В.Г. Добавка для бетонных смесей - суперпластификатор С-3. «Бетон и железобетон», 1978, № 10, с. 12.
6. Бабко А.К., Пилипенко А.Г. Фотометрический анализ. М., Химия, 1968.
7. СТБ 1112-98. Добавки для бетонов. Общие технические условия. - Взамен ГОСТ 24211-91; Введ. 18.06.98. - Минск.: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1998. - 10 с.

$\gamma_k$  – коэффициент надёжности, принимаемый в пределах 1,2...1,4 в зависимости от способа определения несущей способности.

В ЕНиР, сб. 12 [5] и [8] выбор молота для забивки свай и свай-оболочек следует производить исходя из предусмотренной проектом несущей способности сваи или сваи-оболочки и их веса. Необходимая минимальная энергия удара молота, Дж (кгс·м) определяется по формуле

$$\mathcal{E} = 1,75 \cdot a \cdot P, \quad (2)$$

где  $\mathcal{E}$  – энергия удара молота, Дж;

$a$  – коэффициент, равный 25;

$P$  – несущая способность сваи, указанная в проекте, Н.

Таким образом, имеется, по крайней мере, три методики и три различных подхода по выбору молота для забивки железобетонных свай. При этом в понятия вкладываются различные определения и смысл. У одних авторов понимается расчётная нагрузка на сваю, в других – несущая способность сваи, в третьих – предельно допустимая нагрузка на сваю, что не одно и то же.

Авторами предлагается усовершенствованная методика и формула по выбору молота для забивки свай [7].

$$m_y = \sqrt{\frac{S \cdot F_d \cdot (m_1 + m_2 + m_3)}{g \cdot H \cdot (1 - \mu)}}, \quad (3)$$

где  $S$  – ожидаемая величина отказа забивной сваи, рекомендуемая в пределах 0,02...0,05 м;

$F_d$  – расчётная несущая способность сваи, кН;

*Чернюк Владимир Петрович, к.т.н., доцент каф. технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.*

*Самкевич Виталий Анатольевич, ассистент каф. технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.*

*Чернюк Михаил Владимирович, студент гр. П-294 строительного факультета Брестского государственного технического университета*

*Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*