

Проведенные опыты на сваях-моделях при погружении их в грунты, представленные глиной мягкопластичной консистенции, показали, что применение тиксотропной «рубашки» из дефеката и известьсодержащих отходов (50%) позволяет снизить энергозатраты, соответственно на 22% и 16%.

Погружение моделей свай в песчаные грунты выполнялись на двух экспериментальных площадках, представленных соответственно мелкозернистыми и среднезернистыми песчаными грунтами. Для проведения опытов на экспериментальной площадке устанавливались участки с однородными грунтами. В составах суспензий соотношение воды к порошкообразным компонентам по массе выдерживалось соответственно: из дефеката – 1:1,20, а известьсодержащего отхода – 1:1,14. Материалы подавались в приямок к боковой поверхности моделей свай в процессе их погружения.

Сравнительные результаты энергоёмкости погружения моделей свай без обмазки и с обмазками в песчаных грунтах показаны на графиках, представленных на рисунке 2.

Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований энергозатрат при погружении моделей свай в песчаные грунты показала, что обмазка ствола сваи применяемым в опытах способом, а также вид обмазки, оказывают значимое влияние на энергоёмкость погружения.

Из результатов опытов видно, что при погружении моделей свай в мелкозернистые песчаные грунты энергозатраты на погружение при обмазке суспензиями известьсодержащего материала выше на 31,9%, а при обмазке суспензиями дефеката затраты энергии снижаются на 45,2%.

При погружении моделей свай в среднезернистые песчаные грунты при обмазке суспензиями дефеката и известьсодержащего материала энергозатраты возрастают, соответственно, на 26,6% и 11,9%.

Анализ энергоёмкости погружения моделей свай с обмазками показывает, что существенное увеличение энергозатрат происходит уже в первоначальные периоды их забивки. Увеличение затрат энергии на

погружение моделей вызвано уплотнением песчаных грунтов при применяемом способе подачи обмазочных материалов. Заливка обмазочных материалов в приямок приводит к замочанию грунта в окосвайном пространстве и, соответственно, к увеличению его плотности, что оказывает значимое влияние на энергоёмкость погружения свай в сторону ее повышения. Применение в качестве обмазки суспензии дефеката в мелкозернистых грунтах привело в конечном итоге к снижению затрат энергии на погружение моделей свай при увеличении энергозатрат в первоначальный период забивки.

Очевидно, благодаря соответствующим адгезионным качествам дефеката, на боковой поверхности сваи образуется достаточно устойчивая пленка, способствующая проникновению сваи в грунт с меньшими энергозатратами.

При погружении моделей в среднезернистые пески розлив обмазочных материалов вызывает более глубокое замочание грунта и его уплотнение, что приводит к затруднению погружения свай и увеличению энергозатрат.

Совершенствование способов нанесения обмазочных составов, позволяющих сохранить антифрикционную оболочку на боковой поверхности сваи в процессе ее погружения, может дать значительный положительный эффект и определяет перспективность погружения свай с обмазками. В БрГТУ проводятся исследования по совершенствованию процессов подачи и распределения по боковой поверхности сваи обмазочных составов, и технологического оборудования [2, 3].

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технические условия. Осадок фильтрационный: ТУ РБ 37602662.630-99.
2. Патент РБ на полезную модель №8601, МПК Е 02 Д 7/00. Устройство для ускорения погружения свай / В.П. Чернюк [и др.] – 2012.
3. Патент РБ № 7213 МКИ 7 Е02Д7/26. Способ погружения сваи / Г.И. Юськович, В.И. Юськович, С.В. Волкова – 2005.

Материал поступил в редакцию 05.03.14

YUSKOVICH G.I., YUSKOVICH V.I., PCHELIN V.N., LESHKEVICH N.V. Energy costs in dipping stilts models with coating based on the waste of OAO "Zhabinkovsky sugar factory"

One of the ways of energy consumption reducing during diving is using of plasters. Waste products of OAO «Zhabinkovsky sugar factory» were tested for this. Daubing a stilts shaft, and a kind of applied plasters, have a significant influence on the energy consumption of diving. In immersing of stilts models with shafts daubing by slurries defecate and calx contains wastes (50%) in soils presented by soft plastic consistency, was fixing reduction of energy costs, respectively, by 22% and 16 %. In medium- coating sandy soils in daubing by trunks suspensions defecate and calx contains material energy cost is increasing, respectively, 26.6% and 11.9 %, and in fine-grained sands was observing reduction of energy intensity of diving with daubing by suspensions defecate . Thus the feasibility of using wastes produced by OAO «Zhabinkovsky sugar factory» in the process of piling was confirmed.

УДК 624.157.2

Пойта П.С., Пчелин В.Н., Юськович В.И.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАБИВКИ СВАЙ В ГРУНТ ДИЗЕЛЬ-МОЛОТАМИ

При традиционном погружении свай забивкой дизель-молотами в слабые грунты в начальной стадии погружения отказ сваи может превышать максимально допустимый отказ 18...30 см (см. [1], с. 88), обеспечивающий устойчивый запуск и работу дизель-молотов, что приводит к отказам (остановке) дизель-молотов. Кроме того, наличие больших начальных отказов сваи может привести к значительным отклонениям сваи от проектного положения. Вышеуказанное определяет снижение эффективности погружения свай в грунт дизель-молотами.

В известной строительной практике для уменьшения отказа сваи в начальный момент забивки увеличивают ее массу путем заливки в полость сваи жидкости [2]. При увеличении массы сваи уменьшается соотношение масс ударной части молота и сваи, что, в свою очередь, приводит к снижению К.П.Д удара молота и, тем самым, уменьшению отказа сваи. Однако для реализации способа необходима специальная, сложная конструкция полой сваи и сам способ характеризуется сложностью производства работ, обуславливаемой необходимостью подключения сваи посредством шлангов к емкости

с жидкостью, нагнетания жидкости насосом в полость сваи в начале забивки и последующей откачки жидкости по мере погружения сваи. Указанные недостатки не позволяют обеспечить широкое применение известного способа в строительстве.

Для устранения указанных недостатков в Брестском государственном техническом университете, на основе анализа формулы определения отказа сваи, разработаны новые способы забивки свай дизель-молотами, исключающие отказы дизель-молотов в начальной стадии забивки свай.

В соответствии с [3] значение отказа S_a сваи при забивке железобетонных свай длиной до 25 м можно найти по выражению:

$$S_a = \frac{\eta \cdot A_c \cdot E_d}{F_u (F_u + \eta \cdot A_c)} \cdot \frac{m_1 + \varepsilon^2 \cdot m_2}{m_1 + m_2}, \quad (1)$$

где η – коэффициент, принимаемый в зависимости от материала сваи; A_u – площадь поперечного сечения сваи; E_d – расчетная

энергия удара молота; m_1 – масса молота; ε – коэффициент восстановления удара; m_2 – масса сваи с наголовником и подбавком;

F_u – предельное сопротивление забивной сваи.

Из формулы (1) очевидно, что добиться уменьшения отказа сваи в начальной стадии погружения проще всего уменьшением соотношения масс ударной части молота и сваи [2] и энергии удара молота или увеличением несущей способности сваи по грунту основания.

При забивке сваи конкретным дизель-молотом уменьшить энергию одного удара можно лишь уменьшением высоты сбрасывания ударной части. Однако при этом не обеспечивается достаточная для самовоспламенения степень сжатия топливно-воздушной смеси в цилиндре, т.е. дизель-молот глохнет.

Предельное сопротивление забивной сваи по данным статического зондирования можно определить по формуле [4]:

$$F_u = k_1 \left[\bar{R}_{si} \cdot A + \sum k_2 \cdot \bar{R}_{jsi} \cdot U \cdot h_i \right], \quad (2)$$

где k_1 – коэффициент однородности грунта строительной площадки;

\bar{R}_{si} – предельное сопротивление грунта i -го слоя под нижним концом сваи по данным статического зондирования; k_2 – коэффициент проработки грунта, учитывающий неполноту контакта сваи с грунтом в процессе ее забивки; \bar{R}_{jsi} – предельное сопротивление грунта i -го слоя по боковой поверхности концом сваи по данным статического зондирования; U – периметр поперечного сечения сваи; h_i – толщина i -го слоя грунта, прорезаемого свайей.

В соответствии с выражением (2) несущая способность сваи по грунту основания в процессе ее забивки состоит из лобового и бокового сопротивления погружению, причем в начальный момент забивки боковое сопротивление практически равно нулю вследствие малых значений h .

Лобовое и боковое сопротивление забивке сваи в грунт можно увеличить путем:

- улучшения физико-механических характеристик грунта (\bar{R}_s и \bar{R}_{js});
- увеличения площади поперечного сечения сваи A_s ;
- увеличения периметра поперечного сечения ствола U ;
- увеличения толщины взаимодействующего с боковой поверхностью сваи слоя грунта.

Добиться улучшения физико-механических свойств верхних слоев грунта проще всего его уплотнением, технология которого в настоящий момент хорошо отработана в строительстве. Более предпочтительным является уплотнение грунта трамбованием, при котором обеспечивается компактная зона уплотнения в точке погружения сваи.

На основе приведенных выше рассуждений разработан способ погружения свай дизель-молотами с предварительным уплотнением верхних, слабых слоев грунта.

Суть способа состоит в том, что перед погружением сваи устанавливают отказную глубину h_{om} забивки, в пределах которой отказ сваи превышает максимально допустимый отказ, обеспечивающий устойчивый запуск и работу дизель-молота, и производят уплотнение грунта на отказную глубину.

Причем отказную глубину забивки сваи устанавливают путем забивки пробных свай, а грунт уплотняют до обеспечения в пределах отказной глубины несущей способности сваи F_u , определяемой из соотношения:

$$F_u \geq \sqrt{\eta^2 \cdot A_c^2 / 4 + \frac{\eta \cdot A_c \cdot E_d (m_1 + \varepsilon^2 \cdot m_2)}{S_{max} (m_1 + m_2)}} - \eta \cdot A_c / 2, \quad (3)$$

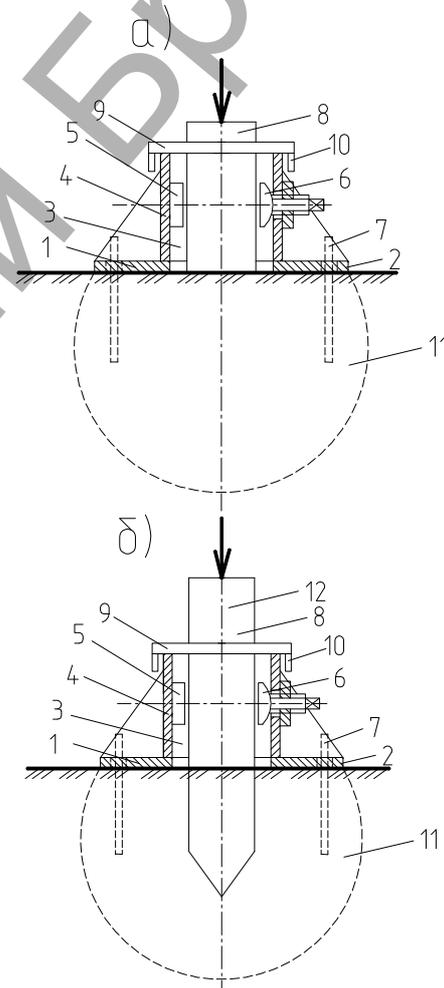
где S_{max} – максимально допустимый отказ сваи, обеспечивающий устойчивый запуск и работу дизель-молота.

В случае однородных верхних слоев грунта отказную глубину h_{om} можно определить по выражению:

$$h_{om} \geq \left[\sqrt{\eta^2 \cdot A_c^2 + \frac{4\eta \cdot A_c \cdot E_d (m_1 + \varepsilon^2 \cdot m_2)}{S_{max} (m_1 + m_2)}} - \eta \cdot A_c - 2k_1 \cdot \bar{R}_s \cdot A \right] / (2k_1 \cdot k_2 \cdot \bar{R}_{js} \cdot U) - S_{max} / 2, \quad (4)$$

где \bar{R}_s – предельное сопротивление грунта i -го слоя под нижним концом сваи по данным статического зондирования; \bar{R}_{js} – предельное сопротивление грунта i -го слоя по боковой поверхности концом сваи по данным статического зондирования.

Для реализации способа без привлечения дополнительных грунтоуплотняющих машин используется кондуктор (рис. 1). Размеры опорной плиты кондуктора в плане должны в 2,5–3 раза превышать размеры сваи.



а) процесс уплотнения грунта на отказную глубину путем нанесения ударов дизель-молотом по патрубку; б) процесс забивки сваи дизель-молотом; 1 – кондуктор; 2 – опорная плита; 3 – гнездо; 4 – втулка; 5 – неподвижные упоры; 6 – подвижные упоры; 7 – стержневые шипы; 8 – патрубок; 9 – кольцевой упор; 10 – штыревой фиксатор; 11 – уплотненная зона грунта; 12 – свая

Рис. 1. Схема забивки свай в грунт дизель-молотами с предварительным уплотнением верхних, слабых слоев грунта [5]

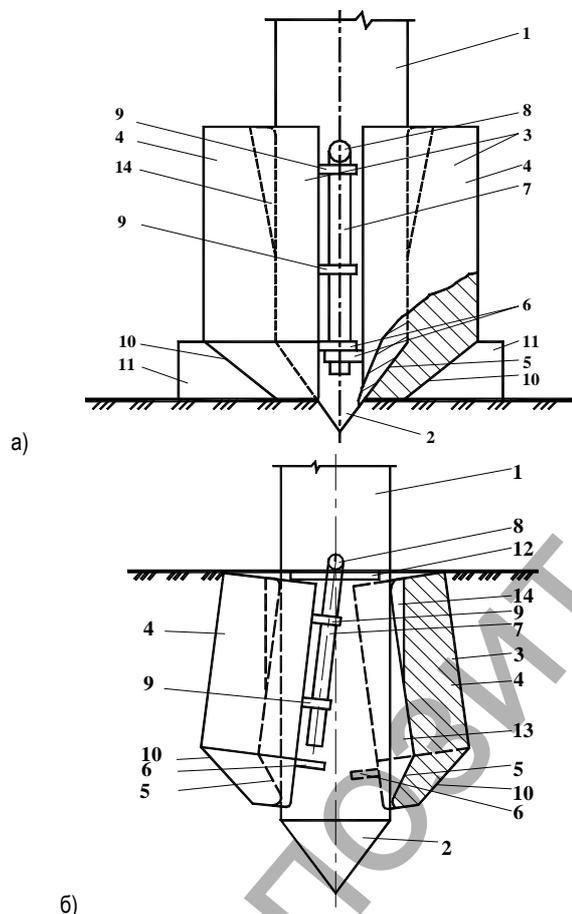
При уплотнении грунта в гнездо кондуктора соосно устанавливается патрубок с заглушенными торцами и с кольцевым упором на боковой поверхности, опирающимся на торец втулки (рис. 1,а).

Длину патрубка 14 от кольцевого упора до нижнего торца следует принимать равной высоте кондуктора, при этом нижний торец будет контактировать при установке в кондуктор с грунтом основания.

После чего по патрубку наносят удары дизель-молотом. Энергия ударов через патрубок, упор, втулку и опорную плиту передается на грунт основания, при этом производится образование уплотненной зоны грунта.

После уплотнения грунта поднимают дизель-молот с наголовником в верхнее положение, из кондуктора извлекают патрубок и производят подтаскивание, подъем и заведение сваи в наголовник и гнездо кондуктора. На заключительном этапе выполняют забивку сваи на проектную отметку (рис. 1,б), при этом на всей глубине забивки будет обеспечена устойчивая (безотказная) работа дизель-молота, так как благодаря уплотнению грунта отказ сваи не будет превышать максимально допустимого отказа.

Для увеличения площади и периметра поперечного сечения сваи, включающей ствол с заостренным наконечником в нижней части, последняя снабжается опорным элементом в виде охватывающих ствол и соединенных между собой полублоков (рис. 2).



а) перед погружением сваи в грунт; б) в процессе забивки ствола сваи на проектную глубину после полной раздвижки полублоков; 1 – ствол; 2 – наконечник; 3 – опорный элемент; 4 – полублоки; 5 – наклонные площадки; 6 – петли; 7 – стержневой фиксатор; 8 – горизонтальные упоры; 9 – дополнительные петли; 10 – скосы; 11 – клинья; 12 – подкладки; 13 – полости; 14 – пазы

Рис. 2. Забивная свая с дополнительным лобовым сопротивлением ее забивке в грунт

Высота полублоков принимается не менее глубины забивки ствола дизель-молотом, в пределах которой отказ ствола превышает максимально допустимый отказ, обеспечивающий устойчивый запуск и работу дизель-молота. Полублоки соединены между собой разъемным соединением в виде пропущенных через прикрепленные в нижней части полублоков петли стержневых фиксаторов с горизонтальными упорами в верхней части.

В нижней части полублоки выполнены со скосами, которые облегчают забивку ствола с полублоками в грунт и обеспечивают прижатие полублоков к стволу.

Для получения в начальный момент забивки отказа сваи, обеспечивающего устойчивый запуск и работу дизель-молота, площадь A_c , ограниченная наружным контуром поперечного сечения полублоков и ствола сваи, принимается из соотношения:

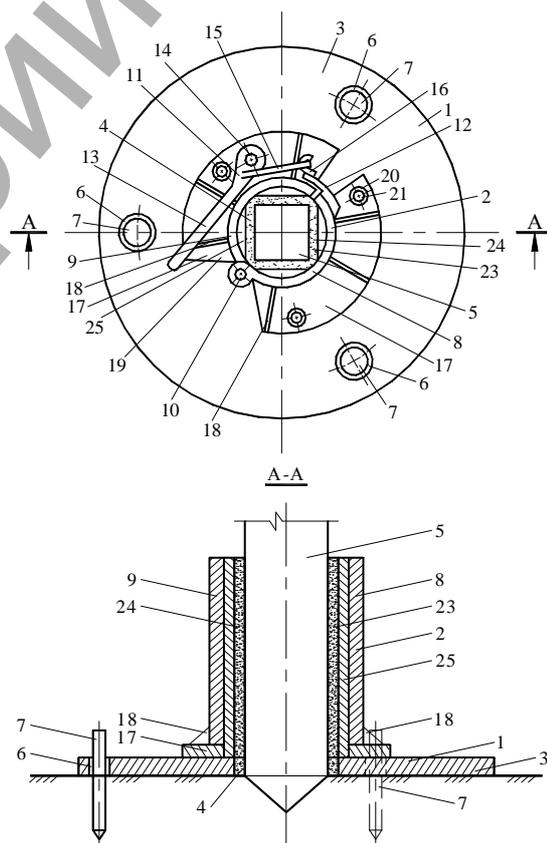
$$A_c \geq \frac{\eta \cdot E_d [m_1 + \varepsilon^2 (m_1 + m_2)]}{K \cdot \bar{R}_s \cdot S_{\max} (K \cdot \bar{R}_s + \eta) (m_1 + m_2)} \quad (5)$$

В процессе забивки предлагаемой сваи дизель-молотом в грунт верхние слои грунта раздвигаются и уплотняются наконечником ствола и полублоками (рис. 2,а). После погружения ствола с полублоками на глубину, при которой упоры фиксаторов опираются на грунт, в процессе дальнейшей забивки происходит выдергивание фиксаторов из петель и полублоки открепляются друг от друга. В дальнейшем осуществляется забивка только ствола, который при этом раздвигает нижние концы полублоков с дополнительным уплотнением грунта вследствие взаимодействия наконечника с наклонными площадками полублоков (рис. 2,б).

На заключительном этапе вынимают фиксаторы, полублоки в верхней части жестко соединяют со стволом посредством сварки закладных деталей и полости между стволом и полублоками заполняют твердеющим материалом.

Кроме обеспечения устойчивого запуска и работы дизель-молота в процессе забивки предлагаемой сваи в грунт повышается ее несущая способность на вертикальные и горизонтальные нагрузки.

Увеличить силы трения в начальной стадии погружения сваи можно посредством использования кондуктора и разъемной втулки (рис. 3).



1 – кондуктор; 2 – разъемная втулка; 3 – опорная плита; 4 – гнездо; 5 – свая; 6 – отверстия в плите; 7 – стержневые шипы; 8,9 – половинки втулки; 10 – ось втулки; 11 – быстродействующий затвор; 12 – полосовая накладка; 13 – рычаг; 14 – ось рычага; 15 – скоба; 16 – крюк; 17 – опорная пластина; 18 – ребра жесткости; 19 – скос; 20 – отверстия в опорной плите и пластине; 21 – стержневой фиксатор; 23 – зазоры; 24 – грунт засыпки; 25 – внутренние накладки

Рис. 3. Конструкция кондуктора и разъемной втулки, используемых для реализации способа, обеспечивающего создание дополнительного бокового сопротивления забивке сваи в грунт [6]

Кондуктор состоит из опорной плиты с гнездом для пропуска сваи. Разъемная втулка представляет собой отрезок трубы, который разрезан по образующим на две половинки, соединенные осью и стягиваемые быстродействующими затворами.

Процесс погружения сваи реализуется следующим образом.

После монтажа кондуктора производят подтаскивание, подъем и заведение сваи в наголовник и гнездо кондуктора и вокруг сваи соосно устанавливают разъемную втулку.

Зазоры между втулкой и сваем засыпают с уплотнением малосжимаемым грунтом, например, песком или гравием. В случае квадратных свай для уменьшения объема зазоров к внутренней поверхности половинок могут быть прикреплены накладки.

Далее выполняют обжатие грунта засыпки путем стягивания половинок быстродействующими затворами. Возможна также засыпка зазоров смесью малосжимаемого грунта и негашеной извести. В этом случае, после засыпки смеси, стягивают половинки втулки и производят увлажнение засыпки водой, при этом происходит гашение извести, которая увеличивается в объеме, обеспечивая обжатие смеси засыпки и сваи. Обжатие грунта засыпки и сваи производят до получения в начальный момент забивки сваи бокового сопротивления \bar{R}_{js} статическому зондированию, обеспечивающего отказ сваи не более максимально допустимого отказа.

После погружения сваи на глубину, в пределах которой при обычной забивке сваи ее отказ превышает максимально допустимый отказ, обеспечивающий устойчивый запуск и работу дизель-молота, откидывают рычаги быстродействующих затворов и со сваи снимают разъемную втулку.

Разработанные способы забивки свай дизель-молотами обеспечивают безотказную работу последних на всем протяжении погруже-

ния сваи в грунт с параллельным повышением несущей способности свай, что позволяет рекомендовать представленные разработки к внедрению в строительное производство.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лубнин, В.В. Машины и оборудование для погружения свай: учеб. для ПТУ / В.В. Лубнин, В.З. Заикина – М.: Высш. шк., 1989. – 215 с.
2. А.С. 676687 СССР, МКИ Е 02 D 7/02. Способ для погружения полой или сплошной сваи и устройство для осуществления способа / М.И. Межогчих, В.Г. Тришин; Северный филиал ВНИИСТ. – Заявл. 20.03.78; Оpubл. 30.07.79; Бюл.№28 // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки. – 1979. – № 28. – С. 113.
3. Основания и фундаменты зданий и сооружений. Сваи забивные. Правила проектирования и устройства: ТКП 45-5.01-256-2012 (02250). – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2013. – С. 118.
4. Еникеев, А.Х. Методические рекомендации по выбору молота и расчету времени погружения свай по данным статического зондирования. – Уфа: НИИпромстрой, 1977. – 24 с.
5. Способ погружения сваи: патент №6870 Респ. Беларусь, МПК7 Е 02 D 7/02 / В.Н. Пчелин, Н.П. Шляга. – Учреждение образования «Брестский государственный технический университет» (ВУ). – Заявл. 10.12.2001; Оpubл. 30.03.2005; Бюл.№1 // Афицыйны бюлетень. – 2005. – № 1.
6. Способ погружения сваи: патент №6876 Респ. Беларусь, МПК7 Е 02 D 7/02 / В.Н. Пчелин, Н.П. Шляга. – Учреждение образования «Брестский государственный технический университет» (ВУ). – Заявл. 28.12.2001; Оpubл. 30.03.2005; Бюл.№1 // Афицыйны бюлетень. – 2005. – № 1.

Материал поступил в редакцию 15.02.14

POUTA P.S., PCHELIN V.N., YUSKOVICH V.I. Increase of efficiency of blockage of piles in dizel-molotami soil

The ways to reduce failures of piles were identified by increasing resistance to driving on initial stage of immersion and the technical solutions were developed for their implementation to prevent stopping of diesel engines during piles driving in soft soils.

УДК 624.015.5

Голоднов К.А., Бамбура А.Н.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ЗНАКОПЕРЕМЕННОМ НАГРУЖЕНИИ

Введение. Сталежелезобетонные конструкции эффективно используются в качестве элементов усиления и замены перекрытий. Этому способствует хорошая сочетаемость материалов: стальные профили могут выступать не только как несущие элементы, но и как элементы опалубки для железобетона.

Несмотря на очевидную экономическую целесообразность, широкое применение сталежелезобетонных конструкций сдерживается рядом факторов: недостаточным количеством нормативных документов для расчета и проектирования, недостаточной экспериментальной изученностью влияния вида (кратковременное или длительное действие нагрузки) и режима (однократное, малоцикловые повторные и знакопеременные) нагружения (в дальнейшем – различных видов и режимов нагружения) на их напряженно-деформированное состояние (далее НДС) и несущую способность. Решение этих вопросов важно как при проектировании новых, так и при усилении существующих конструкций, зданий и сооружений в целом [1, 2, 3].

Для вновь проектируемых конструкций в наличии имеются соответствующие нормативные документы [1, 2, 3]. Изучение вопроса влияния условий эксплуатации (фактора времени, различных режимов нагружения, развития неравномерных деформаций основания и

т.п.) на НДС изгибаемых сталежелезобетонных конструкций напрямую связано с проблемами реконструкции. В этом случае необходимо установить техническое состояние конструкций и здания в целом, обосновать возможность продления срока эксплуатации и принять решение о возможности дальнейшей эксплуатации или выполнении работ по усилению (замене).

В ГП НИИСК на протяжении последних трех десятков лет проводились комплексные исследования работы бетона и железобетонных конструкций. Были исследованы диаграммы бетона при однородном и неоднородном нагружении, установлено влияние на параметры диаграммы сжатия бетона и НДС железобетонных и сталежелезобетонных конструкций различных видов и режимов нагружения [4, 5, 6, 7 и др.].

По результатам исследований разработаны методы расчета конструкций, которые дают возможность учесть влияние изменения жесткости сечений при расчетах, как отдельных конструкций, так и зданий и сооружений в целом.

В нормативных документах [1, 2, 3 и др.] не получили развития методы расчета сталежелезобетонных конструкций при различных видах и режимах нагружения, что требует продолжения исследований в этой области, в первую очередь экспериментальных.

Константин Александрович Голоднов, аспирант Государственного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций», г. Киев, Украина.

Бамбура Андрей Николаевич, заведующий отделом надежности конструкций Государственного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций», г. Киев, Украина.