

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.

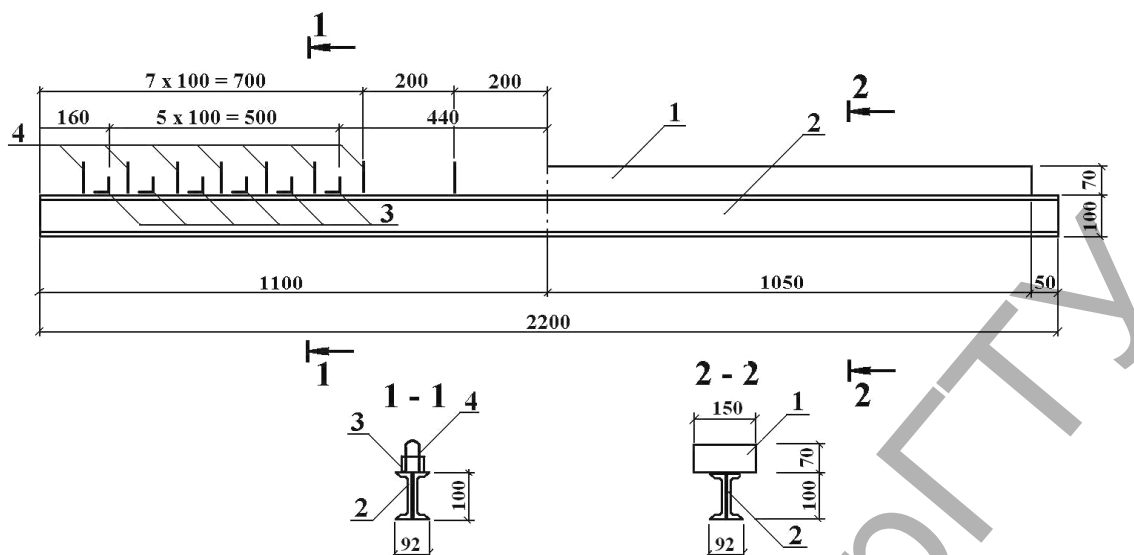


Рис. 1. Конструкции экспериментальных образцов

Единый подход к расчету железобетонных конструкций всех типов при различных видах и режимах нагружения с обеспечением достаточной точности получаемых результатов может быть принят только при условии проведения достаточного количества экспериментальных исследований и получения надежного экспериментального материала. Такой подход будет способствовать широкому внедрению в практику строительства новых эффективных видов строительных конструкций широкого назначения, как для нового строительства, так и для объектов реконструкции и технического перевооружения.

**Целью** работы является проведение комплексных исследований НДС и несущей способности сталежелезобетонных балок при различных видах и режимах нагружения.

**Основные экспериментальные образцы** (рис. 1) представляли собой объединенные в одно целое железобетонную плиту (1) и стальную балку (2).

Стальная балка имела двутавровое сечение, составленное из двух швеллеров №10. Надежная совместная работа железобетонной плиты и стальной балки вплоть до разрушения обеспечивалась жесткими уголковыми упорами (3) и петлевыми анкерами (4) в соответствии с рекомендациями п. 5.42, 5.43 [1].

Изготовление сталежелезобетонных балок производилось в два этапа [7].

Сначала в деревянной опалубке кассетного типа изготавливались бетонные плиты. Опалубки (3 шт. на 5 балок каждая) были установлены на вибростол. Опалубки заполнялись бетонной смесью, которая после укладки уплотнялась (рис. 2).



Рис. 2. Изготовление сталежелезобетонных балок

После окончания уплотнения бетонной смеси в бетон «вставлялись» упорами стальные балки. Проектное положение балок фиксировалось гвоздями, забитыми на торцевых досках опалубки.

Вспомогательные образцы для определения характеристик бетона (стандартные кубы и призмы) бетонировались одновременно с основными в металлической инвентарной и деревянной опалубке.

За один раз была изготовлена партия основных образцов в количестве 15 шт. Часть основных образцов предназначалась для испытаний при кратковременном действии однократной, повторной и знакопеременной нагрузок (11 образцов), а часть (4 образца) – при длительном действии однократной, повторной и знакопеременной нагрузки. Были приняты следующие режимы нагружения: КП – кратковременное, однократное; КПОВ – кратковременное малоцикловое (повторное); КЗН – кратковременное знакопеременное; БД – испытание при длительном действии нагрузки. Балки испытывались по схеме четырехточечного изгиба.

Методика испытаний разрабатывалась с таким расчетом, чтобы получить максимальный объем информации о НДС и несущей способности балок при различных режимах нагружения при кратковременном и длительном действии нагрузки.

Для проведения намеченных программных экспериментальных исследований было использовано существующее в ГП НИИСК оборудование для испытаний балок при кратковременном [4, 6] и длительном (рис. 3) действии нагрузки. Поскольку результаты испытаний намечалось подвергнуть теоретическому анализу с привлечением разработанных моделей [5, 6], а также учитывая, что размеры балок близки к натурным, для повышения информативности эксперимента сочтено было целесообразным отказаться от образцов-двойников (кроме образцов серии КП). В связи с этим испытания каждой балки производились при индивидуальном режиме нагружения.

Основные образцы испытывались при таких видах и режимах нагружения:

1. КП-1 – КП-3 – при кратковременном однократном;
2. КПОВ-4 – КПОВ-8 – при кратковременном малоцикловом повторном (цикл: нагружение положительным моментом, разгрузка, повторное нагружение положительным моментом). Количество циклов и уровень нагружения для каждой балки принимались индивидуально. По истечении нескольких циклов нагружения балки доводились до разрушения положительным моментом;
3. КЗН-9 – КЗН-11 – при кратковременном знакопеременном (нагружение отрицательным моментом, разгрузка, нагружение положительным моментом до разрушения);
4. БД-1 – при длительном (первоначальное загрузку положительным моментом, выдержка 14 суток, разгрузка, выдержка 2 суток, загрузка отрицательным моментом, выдержка);

5. БД-2 – при длительном (загружение положительным моментом, выдержка не менее 14 суток, разгрузка, выдержка не менее 2 суток, загрузке положительным моментом, разгрузка и т.д.);
6. БД-3 – при длительном (загружение отрицательным моментом, выдержка 14 суток, разгрузка, выдержка 2 суток, загрузке положительным моментом, выдержка);
7. БД-4 – при длительном (загружение положительным моментом, выдержка).

Результаты экспериментальных исследований балок при кратковременном действии нагрузки приведены в работе [7].

Методика испытаний балок при длительном действии немногократно повторной и знакопеременной нагрузки разрабатывалась с таким расчетом, чтобы получить максимальный объем информации о НДС системы. Испытания каждого образца производились при индивидуальном режиме нагружения. Постоянство длительно действующей нагрузки обеспечивалось с помощью стальных пружин (рис. 3).

Испытания балок производились в такой последовательности. Образец устанавливался на опорные приспособления установки. Горизонтальность железобетонной плиты контролировалась уровнем. Передача усилия на балку с распределительной траверсы производилась через одну подвижную (катковую) и одну неподвижную опоры.



Рис. 3. Общий вид балок, испытанных при длительном действии нагрузки

В местах передачи нагрузки на балку от траверсы делалась подливка из цементного раствора и устанавливались распределительные стальные пластины.

Для измерения продольных деформаций на базе 200 мм устанавливались приборы ИГМ-10. Прогобы балок измерялись в трех точках по длине стальной линейкой. Передаваемое на балку усилие контролировалось по деформациям пружин, которые перед испытаниями тарировались.

Как и при кратковременных испытаниях, выполнялось центрирование образцов. Для этого образец несколько раз нагружался пробной нагрузкой. Величина нагрузки принималась такой, при которой абсолютные деформации по приборам И-1 и И-2 на сжатой полке бетона были равны примерно 0,1 мм. При нескольких циклах нагружения и разгрузки снимались показания всех приборов и делался вывод о достаточности центрирования. Если показания приборов были нестабильными, нагрузка снималась, и образец подвергался

дополнительной центровке. При стабильных показаниях всех приборов производилось нагружение до расчетной нагрузки.

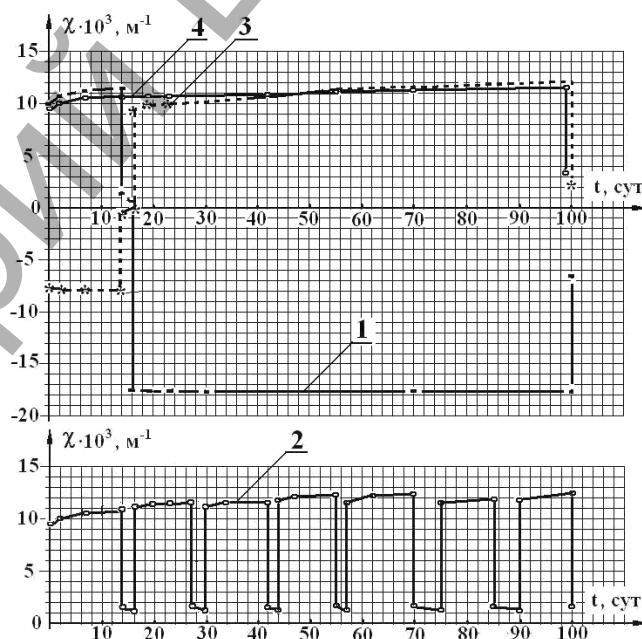
Затем производились выдержка под нагрузкой, разгрузка, выдержка после разгрузки, нагружение (в т.ч. и обратным моментом) и т.д. В процессе нагружения, выдержки и разгрузки контролировались деформации и прогибы балок. Зависимости «кривизна–время» для балок при длительном действии нагрузки приведены на рис. 4. После выдержки под нагрузкой основные образцы были разгружены и испытаны при однократном кратковременном нагружении до разрушения.

Зависимости «момент–кривизна» балок при кратковременном (после разгрузки) действии нагрузки приведены на рис. 5. Основные результаты испытаний балок при кратковременном действии нагрузки приведены в табл. 1. При этом наблюдалась совместная работа железобетонной плиты и стальной балки на всех этапах нагружения.

В ходе проведения длительных испытаний проводились измерения температуры и влажности в испытательном помещении. Температурно-влажностный режим во время испытаний был достаточно стабильным.

В процессе выдерживания призм под нагрузкой отмечался рост деформаций во времени.

Таким образом, проведение экспериментальных исследований позволило получить важные научные результаты и проверить основные положения разработанной методики расчета сталежелезобетонных балок при различных видах и режимах нагружения.

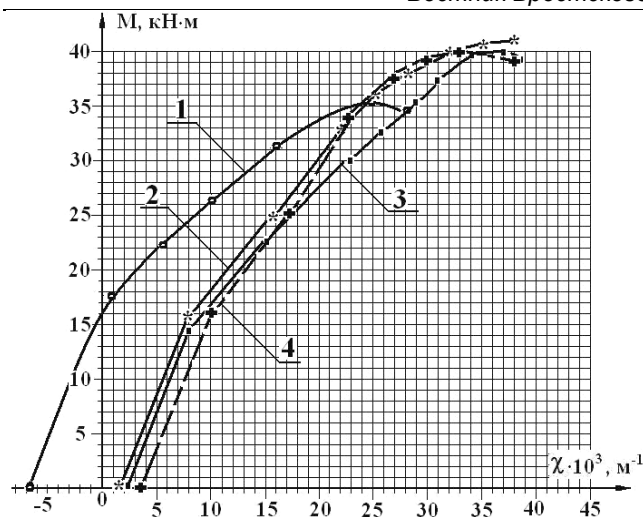


- 1 – зависимость для балки БД-1;
- 2 – зависимость для балки БД-2;
- 3 – зависимость для балки БД-3;
- 4 – зависимость для балки БД-4

Рис. 4. Зависимости «кривизна–время» для балок при длительном действии нагрузки

Таблица 1. Результаты испытаний балок при кратковременном действии нагрузки

Шифр балки	Размеры железобетонной плиты $b \times h$ , мм	Максимальные усилия и деформации			Предельные усилия и деформации		
		$M_R$ , кН·м	$f_R$ , мм	$\chi_R$ , мм <sup>-1</sup>	$M_{U_1}$ , кН·м	$f_{U_1}$ , мм	$\chi_{U_1}$ , мм <sup>-1</sup>
БД-1	148x68	35,8	10,9	20,5	32,1	14,0	28,3
БД-2	150x70	40,7	20,4	37,7	40,7	20,4	37,7
БД-3	150x70	40,2	15,4	36,7	39,1	18,3	51,1
БД-4	150x70	39,8	11,8	33,0	39,1	13,1	38,3



- 1 – зависимость для балки БД-1;  
 2 – зависимость для балки БД-2;  
 3 – зависимость для балки БД-3;  
 4 – зависимость для балки БД-4

Рис. 5. Зависимости «момент–кривизна» для балок при кратковременном действии нагрузки

**Заключение.** На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Разработанная методика и проведенные испытания сталежелезобетонных балок позволили получить данные об их НДС и несущей способности.
2. Величина разрушающего изгибающего момента для всех балок, предварительно загруженных длительной нагрузкой, при кратковременном действии нагрузки колеблется в пределах 14% (максимальное значение для балки БД-2 составляет  $M = 40,7 \text{ кН}\cdot\text{м}$ , а

минимальное, для балки БД-1 –  $M = 35,8 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ). Некоторое увеличение несущей способности балок, предварительно нагруженных длительной нагрузкой, по отношению к балкам, испытанным только при кратковременном действии нагрузки, можно объяснить увеличением прочности бетона балок во времени и при выдерживании под нагрузкой.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сооружения транспорта. Мосты и трубы. Правила проектирования: ДБН В.2.3-14:2006 / Минстрой Украины. – К.: Минстрой Украины, 2006. – 359 с.
2. Конструкции зданий и сооружений. Сталежелезобетонные конструкции. Основные положения: ДБН В. 2.6-160:2010 / Минрегионстрой Украины. – К.: Минрегионстрой Украины, 2011. – 55 с.
3. Конструкции зданий и сооружений. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения: ДБН В.2.6-98:2009 / Минрегионстрой Украины. – К.: Минрегионстрой Украины, 2011. – 71 с.
4. Методические рекомендации по определению параметров диаграммы "σ–ε" бетона при кратковременном сжатии / НИИСК Госстроя СССР. – К., 1985. – 16 с.
5. Методические рекомендации по уточненному расчету железобетонных элементов с учетом полной диаграммы сжатия бетона / НИИСК Госстроя СССР. – К., 1987. – 24 с.
6. Голоднов, К.А. Диаграмма «момент–кривизна» сталебетонных балок при знакопеременном нагружении // Строительные конструкции: Межведом. научн.-техн. сб. / НИИСК. – К.: НИИСК, 2004. – Вып. 60. – С. 622–626.
7. Голоднов К.А. Экспериментальные исследования сталежелезобетонных балок при повторных и знакопеременных нагружениях / К.А. Голоднов, А.Н. Бамбура / Строительные конструкции: Межведом. научн.-техн. сб. / НИИСК. – К.: НИИСК, 2007. – Вып. 67. – С. 134–147.

Материал поступил в редакцию 30.10.13

#### GOLODNOV K.A., BAMBURA A.N. Technique and results of pilot studies of stalezhelezobetonny beams at long sign-variable loading

The objective of the work is realization of complex researches of the tensely-deformed state and bearing strength of steel-concrete beams at the infrequently repeated and alternating-sign modes of loading conditions at the protracted and brief action of loading.

Steel-concrete constructions are effectively used as elements of strengthening and replacement of ceiling. It is assisted by good compatibility of materials: steel profiles can be applied not only as bearing elements but also as elements of formwork for the reinforced concrete.

The procedure and results of experimental researches of steel-concrete beams and auxiliary specimens are cited. The conducted researches allowed setting the behaviour patterns of steel-concrete beams and estimating the influence degree of different kinds infrequently repeated and alternating-sign modes of loading conditions on the tensely-deformed state and bearing strength.