

DOI: 10.12737/article\_59cd0c5ae50de9.76429176

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,  
Кочерженко В.В., канд. техн. наук, проф.,  
Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОГРУЖЕНИЯ ОПУСКНЫХ КОЛОДЦЕВ С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

[ludmilasuleimanova@yandex.ru](mailto:ludmilasuleimanova@yandex.ru)

*Предложена методика расчета продолжительности погружения опускных колодцев с учетом надежности основных технологических элементов – технических средств, трудовых ресурсов и материальных элементов, которая позволяет с достаточной степенью точности установить характеристики надежности их работы.*

**Ключевые слова:** методика, продолжительность погружения, опускные колодца, надежность, технические элементы, технические средства, трудовые ресурсы, материальные элементы.

В процессе погружения опускных колодцев ведется разработка и удаление грунта из колодца, параллельно выполняются работы по обеспечению преодоления силы трения. Работы по обеспечению бесперебойного функционирования элемента преодоления трения (ПТ) в зависимости от способа погружения имеют свой состав трудовых процессов. Состав основных трудовых процессов, осуществляемых на строительной площадке при применении различных способов погружения, приведен в ранее опубликованных работах [1, 2].

Опыт строительства сооружений методом опускного колодца показал, что отказ элемента, обеспечивающего преодоление силы трения, вызывает непредсказуемое увеличение продолжительности, трудоемкости и стоимости процесса погружения, так как возникает аварийная ситуация. Поэтому при расчете продолжительности погружения колодцев работа элемента ПТ должна быть безаварийной [3, 4].

На основании статистической обработки многочисленных данных погружения колодцев, с достаточной степенью точности установлены характеристики надежности работы технологических элементов. Это позволяет при разработке методики расчета продолжительности процесса погружения колодцев учитывать их надежность.

Анализ десятков проектов производства работ показал, что выбор технологии разработки грунта внутри колодца зависит от целого ряда объективных и субъективных факторов. По степени влияния на выбор технологии разработки грунта эти факторы можно расположить в следующем порядке: инженерно-геологические условия площадки строительства,

наличие грунтовой воды, номенклатура имеющихся в организации землеройно-транспортных машин, имеющийся опыт строительной организации в использовании той или иной технологии разработки грунта при погружении.

Из широко применяемых трех технологий разработки грунта в полости колодца, грейферная технология имеет весьма ограниченную область применения, в силу особенностей конструкции грейфера. Использование этой технологии возможно только при опускании колодцев диаметром не более 10...12 м и глубиной опускания до 10...12 м в грунтах I и II категории.

Гидромеханизированная технология разработки грунта в колодце имеет также ограниченное применение. Ее применение целесообразно в водонасыщенных грунтах без крупнообломочных включений и не выше II-ой категории. Ограниченная номенклатура имеющихся землесосов делает выгодным применение этой технологии для довольно крупных колодцев диаметром более 16 м.

Наиболее универсальная экскаваторно-бульдозерная технология разработки грунта в колодце, предусматривает применение экскаваторов с емкостью ковша от 0,15 до 0,5 м<sup>3</sup> (для рассматриваемых нами параметров колодцев) и башенных кранов грузоподъемностью 5...8 тонн с бадьями емкостью до 4 м<sup>3</sup>. Количество экскаваторов, бульдозеров и башенных кранов принимается в зависимости от размеров колодцев (из условия их безопасного размещения), а также от объема разрабатываемого грунта. Выбор оптимального комплекта механизмов для экскаваторно-бульдозерной технологии разработки грунта в

зависимости от размеров колодца и из условия обеспечения минимальной продолжительности процесса погружения проведен авторами [5].

Вопрос выбора оптимальной технологии разработки грунта при погружении колодцев и соответствующего комплекта механизмов в зависимости от вышеперечисленных факторов в настоящее время не вызывает затруднений.

На основании проведенного анализа состава трудовых процессов, условий погружения колодцев и технологий разработки грунта были приняты следующие допущения при разработке методики расчета продолжительности погружения колодцев.

1. В процессе погружения элемент, обеспечивающий преодоление силы трения, работает безотказно.

2. Работа технологических элементов: технические средства (ТС), трудовые ресурсы (ТР) и материальные элементы (МЭ) в процессе погружения принята с учетом характеристик надежности [1, 2].

3. Выбор комплектов машин для разработки грунта в колодце осуществляется согласно рекомендациям [5].

4. Работы по разработке грунта внутри колодца и обеспечению непреодолимой силы трения в процессе погружения ведутся параллельно (т.е. обеспечено совмещение этих работ), но более продолжительны работы по разработке грунта.

5. Подготовительные работы по доставке, установке и опробованию механизмов для разработки грунта и проведения мероприятий по преодолению силы трения выполняются в подготовительный период.

Исходя из принятых допущений, продолжительность процесса погружения определяется временем разработки грунта внутри колодца и удалением его из полости, с тем, чтобы оболочка колодца заняла проектное положение.

При экскаваторно-бульдозерной технологии разработки грунта продолжительность соответствует большему из 2-х значений: времени разработки грунта экскаватором –  $T_э$  или времени удаления разработанного грунта краном –  $T_к$ . Время разработки грунта экскаватором определяется в общем случае по формуле:

$$T_э = \frac{V_ц + KV_б}{Q_эс \times N_э}, \quad (1)$$

где  $V_ц$  – объем грунта, разрабатываемого в центральной части колодца, м<sup>3</sup>;  $V_б$  – объем грунта бермы (ширина 1...2 м);  $K$  – коэффициент снижения производительности экскаваторов при разработке бермы (0,7...0,8);  $Q_эс$  – сменная

производительность экскаватора, м<sup>3</sup>;  $N_э$  – количество экскаваторов.

Время удаления разработанного грунта краном определяется по формуле:

$$T_к = \frac{V_ц + V_б}{Q_кк \times N_к}, \quad (2)$$

$Q_кк$  – средняя сменная производительность крана при погружении колодца на заданную глубину  $i$ , м<sup>3</sup>;  $N_к$  – количество экскаваторов.

Средняя сменная производительность крана при удалении грунта с глубины  $i$ :

$$Q_кк = 60 V_{тс} \frac{T_{см}}{t_{ци}} K_в, \quad (3)$$

$V_{тс}$  – объем бады, по плотному грунту – 2,0 м<sup>2</sup>;  $K_в$  – коэффициент использования крана во времени;  $t_{ци}$  – продолжительность одного цикла крана, при удалении грунта с глубины  $i$ , определяемая из выражения:

$$t_{ци} = 2 \left( K_{свi} \frac{l_{вi}}{V} + K_{стi} \frac{\varphi}{\omega} \right), \quad (4)$$

где  $V$  и  $\omega$  – скорость подъема-опускания бады и угловая скорость поворота стрелы крана, м/мин и об/мин;  $K_{свi}$  – коэффициент совмещения операций при вертикальном перемещении грузов;  $K_{стi}$  – коэффициент совмещения операций при горизонтальном перемещении грузов;  $l_{вi}$  – расстояние транспортирования бады по вертикали с глубины  $i$ , м;  $\varphi$  – угол поворота стрелы крана при транспортировании бады, град.

С учетом характеристик надежности технологических элементов продолжительность погружения колодца определяется следующим образом.

При  $T_э > T_к$ ;

$$T_{эб} = T_э \times \frac{1}{K_г} = \frac{(V_ц + V_б K)(T_о + T_б)}{Q_эс N_э T_о}, \quad (5)$$

где  $T_э$  – время разработки грунта экскаватором, определяется по формуле (1), см;  $K_г$  – коэффициент готовности системы погружения колодцев в зависимости от способа погружения при экскаваторно-бульдозерной технологии разработки грунта;  $T_о$  и  $T_б$  – время наработки на отказ и время восстановления системы погружения колодцев при экскаваторно-бульдозерной технологии разработки грунта (значения  $T_о$  и  $T_б$  для исследованных способов погружения при экскаваторно-бульдозерной технологии разработки грунта приведены в [1, 2].

При  $T_к > T_э$ ;

$$T_{эб} = T_к \times \frac{1}{K_г} = \frac{2(V_ц + V_б) \left( K_{свi} \frac{l_{вi}}{V} + K_{стi} \frac{\varphi}{\omega} \right) (T_в + T_о)}{60 T_{см} K_в N_к T_о}, \quad (6)$$

где  $T_к$  – время удаления грунта краном из колодца

разработанного грунта, см.

При разработке и удалении грунта с помощью грейферной технологии продолжительность процесса погружения определяется по формуле:

$$T_{гр} = \frac{Vt_{ци}}{qT_{см}60}, \quad (7)$$

где  $q$  – объем ковша грейфера, м<sup>3</sup>;  $t_{ци}$  – продолжительность одного цикла грейфера, при удалении грунта с глубины  $i$ , определяемая по формуле (4), мин.

С учетом надежности технологических элементов продолжительность погружения колодца определяется по формуле:

$$T = T_{гр} \frac{1}{K_r} = \frac{Vt_{ци}(T_o + T_e)}{qT_{см}60T_o}, \quad (8)$$

где  $K_r$  – коэффициент готовности системы погружения колодцев при грейферной технологии разработки грунта в зависимости от способа погружения колодца, представленный [1];  $T_o$  и  $T_e$  – время наработки на отказ и время восстановления технологических элементов при грейферной технологии разработки грунта (значения  $T_o$  и  $T_e$  для исследованных способов погружения приведены в [2]).

При гидромеханизированной разработке грунта продолжительность процесса погружения с учетом надежности технологических элементов определяется по формуле:

$$T_{гм} = \frac{V_{ц} + V_{б}}{Q_{гмс}}, \quad (9)$$

где  $Q_{гмс}$  – сменная производительность землесосов или гидроэлеваторных установок, м<sup>3</sup>.

Надежность технологических элементов при расчете продолжительности погружения колодцев в этом случае учитывается аналогично с вышеприведенными способами разработки

грунта, с той лишь разницей, что характеристики надежности  $T_o$  и  $T_e$  принимаются для гидромеханизированной технологии разработки грунта.

Таким образом, на основании представленных исследований надежности технологических элементов, в процессе погружения колодцев, предложена методика расчета его продолжительности с учетом надежности основных технологических элементов: технические средства, трудовые ресурсы и материальные элементы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочерженко В.В., Погорелова И.А., Сулейманов А.Г. Исследование влияния технологических факторов на надежность процесса погружения опускных колодцев // Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Наука и инновации в строительстве». Белгород: Изд-во БГТУ 2017, С. 102–114.
2. Кочерженко В.В., Погорелова И.А. Исследование влияния технологии погружения оболочек опускных колодцев на их напряженно-деформированное состояние // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2017, № 1. С. 65–72.
3. Байцур А.И., Климов В.Т. Повышение надежности опускных колодцев. М.: Стройиздат, 1976. 92 с.
4. Силин К.С., Готов Н.И. Опускные колодцы. М.: Изд-во «Транспорт», 1971. 224 с.
5. Милославский Л.С., Камень Б.И. Выбор оптимального комплекса механизмов для погружения опускных колодцев // Промышленное строительство. 1969. №1. С. 30–33.

### Информация об авторах

**Сулейманова Людмила Александровна**, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой строительства и городского хозяйства.

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Кочерженко Владимир Васильевич**, кандидат технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

E-mail: vvkpgs1946@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Погорелова Инна Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

E-mail: innapogorelova@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.  
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

---

*Поступила в августе 2017 г.*

© Сулейманова Л.А., Кочерженко В.В., Погорелова И.А., 2017

---

**Suleymanova L.A., Kocherzhenko V.V., Pogorelova I.A.**

**METHOD OF CALCULATION OF DURATION OF IMMERSION OF CAISSONS, TAKING  
IN ACCOUNT RELIABILITY OF TECHNOLOGICAL ELEMENTS**

*There was suggested a method of calculation of duration of immersion of caissons, taking in account reliability of main technological elements – technical equipment, workforce and material elements, which allow with sufficient degree of accuracy to define characteristics of reliability of work.*

**Keywords:** *method, durability of immersion, caissons, reliability, technical elements, technical means, workforce, material elements.*

---

**Suleymanova Lyudmila Aleksandrovna**, DSc, Professor.

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukovst. 46.

**Kocherzhenko Vladimir Vasilievich**, PhD, Assistant professor.

E-mail: vvkpgs1946@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukovst. 46.

**Pogorelova Inna Aleksandrovna**, PhD, Assistant professor.

E-mail: innapogorelova@yandex.ru

Belgorod State Technological University named after V.G.Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukovst. 46.

---

*Received in August 2017*

© Suleymanova L.A., Kocherzhenko V.V., Pogorelova I.A., 2017