

DOI: 10.12737/23929

Кочерженко В.В., канд. техн. наук, проф.,  
Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОГРУЖЕНИЯ ОБОЛОЧЕК ОПУСКНЫХ КОЛОДЦЕВ НА ИХ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТО- ЯНИЕ

vvkpgs1946@yandex.ru

Рассмотрено влияние технологии погружения оболочек опускных колодцев на разбираемых сваях-опорах. Установлено оптимальное количество свай под оболочкой колодца, исходя из минимальных значений напряженно-деформированного состояния (НДС), возникающих в ней. Рассмотрено влияние радиуса опускного колодца на разбираемых сваях на НДС оболочки.

**Ключевые слова:** оболочка опускного колодца, технология погружения, усилия, напряженно-деформированное состояние, свая, момент, радиус.

В процессе погружения оболочка опускного сооружения находится в более неблагоприятных условиях, чем в стадии эксплуатации.

В этот период на нее действуют многочисленные виды нагрузок, которые изменяются во времени и зависят от многочисленных факторов (рис. 1).

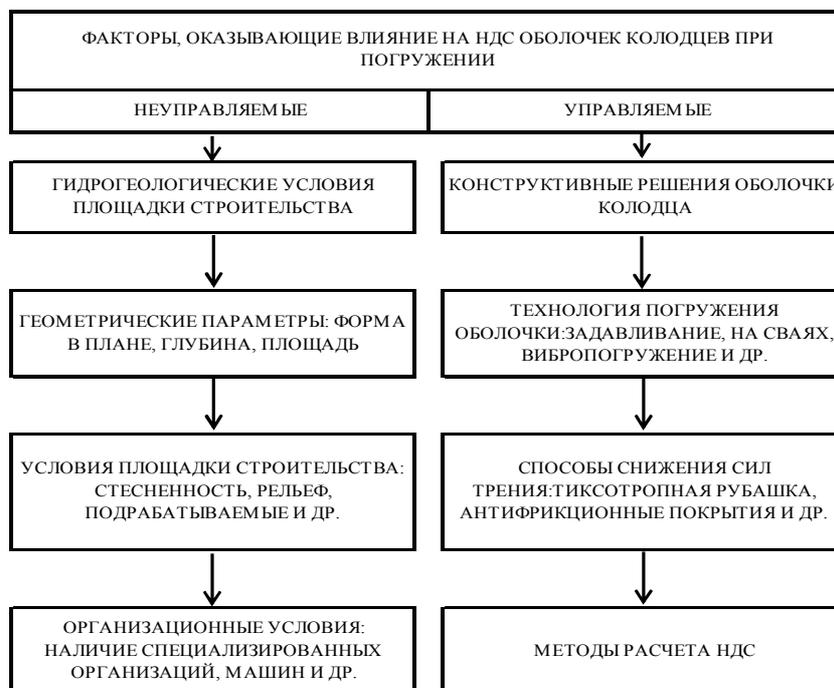


Рис. 1. Классификация факторов, оказывающих влияние на НДС оболочек колодцев

Известно, что в результате поэтапного погружения колодцев соотношение радиуса оболочек ( $R$ ) к ее высоте ( $H$ ) изменяется в широком диапазоне. В работах [1, 2] установлено, что соотношение  $\frac{R}{H}$  оболочек существенно влияет на формирование их НДС и методику ее определения. При  $R > H$ , возникающие усилия в конструкциях оболочки наиболее полно учитываются в расчетах НДС по методу тонкостенного кругового кольца. При  $R \leq H$  характеристики НДС оболочек наиболее точно определяются по методу кольцевых сечений [3, 4].

Однако в последние годы разработано несколько способов регулируемого погружения колодцев: погружение на разбираемых сваях [5]; с использованием наружных консолей, опирающихся на подрабатываемые бермы [6]; с использованием наружных консолей, опираемых на наружные сваи через домкраты [7]; принудительное задавливание домкратами [8]; с помощью вибропогружателей [9]; с помощью пневмопробойников, установленных в отрезном металлическом многосекционном ноже [10–12]. Схемы вышеперечисленных способов погружения колодцев приведены на рис. 2.

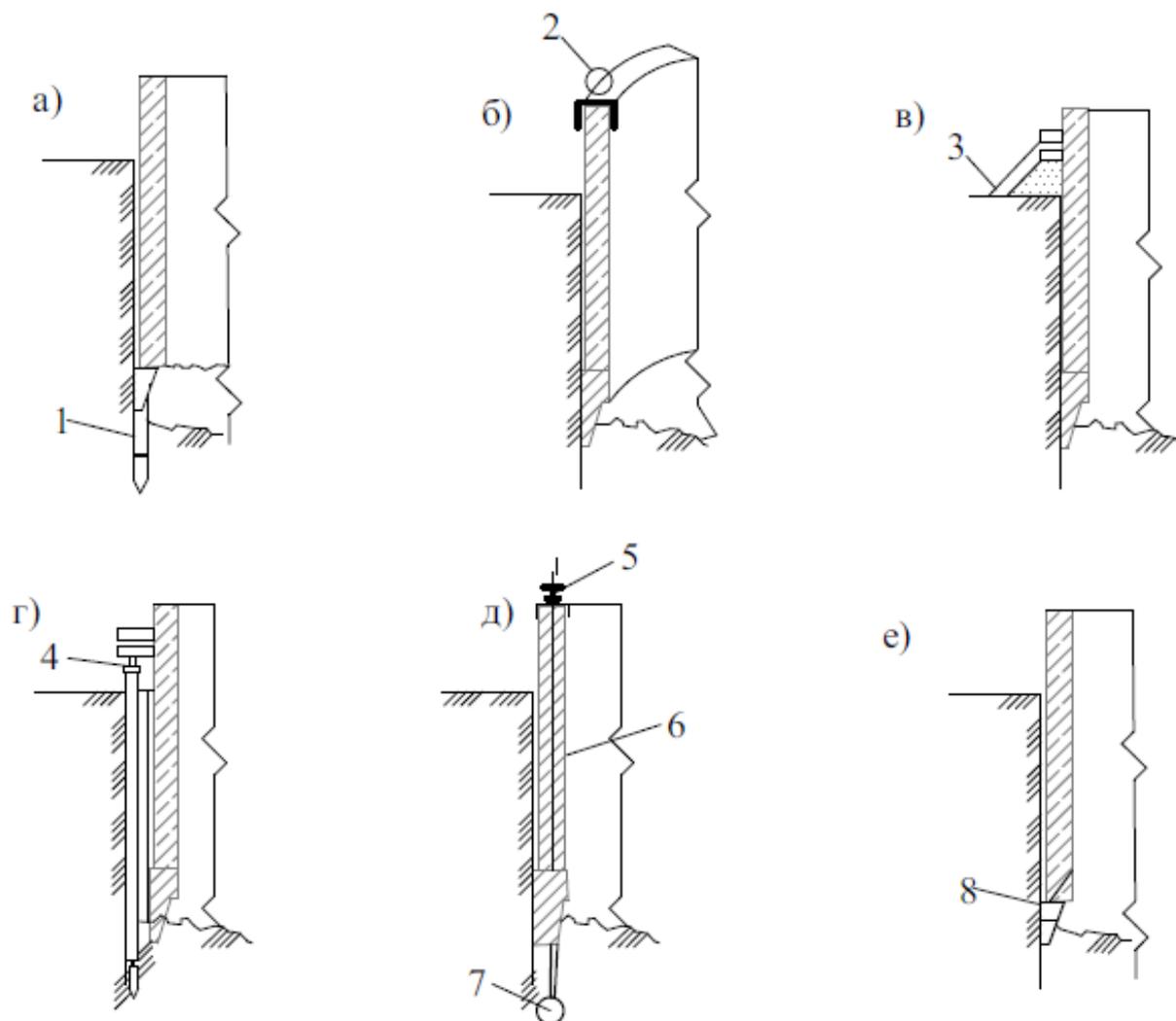


Рис. 2. Способы регулируемого погружения оболочек колодцев: а – на разбираемых сваях под ножом колодца; б – вибропогружение; в – с помощью наружных консолей, опирающихся на подрабатываемые бермы; г – с помощью наружных консолей, опираемых на наружные сваи через домкраты; д – задавливание домкратами; е – с помощью пневмопробойников, установленных в отрезном многосекционном металлическом ноже:

1 – разбираемые (разрушаемые) сваи; 2 – вибратор; 3 – разбираемые песчанощебеночные бермы; 4 – домкраты на сваях; 5 – гидродомкраты; 6 – трос в канале оболочки колодца; 7 – анкер

С учетом этого возникла необходимость установить влияние разработанного в БГТУ им. В.Г. Шухова способа регулируемого погружения колодцев на их НДС. В настоящей статье приведены результаты исследования влияния количества разбираемых свай на НДС оболочек колодца при  $R > H$  в процессе погружения.

Наиболее невыгодное напряженное состояние оболочки – опускание первого яруса. Для изучения влияния количества разбираемых свай под оболочкой на НДС, была использована программа «STARK ES 1.1», которая основана на методе конечных элементов (МКЭ). Оболочка колодца была разбита на элементы с размерами  $1,0 \times 1,0$  м.

Расчетная схема  $\frac{1}{2}$  оболочки и направления координат усилий приведены на рис. 3.

Программа позволяет в каждом узле оболочки определить местные напряжения:

$M_x$  – изгибающий момент, создающий напряжения в «х» направлении;

$M_y$  – изгибающий момент, создающий напряжения в «у» направлении;

$M_{xy}$  – крутящий момент (кН/м);

$Q_x$  – поперечная сила в «х» направлении (кН);

$Q_y$  – поперечная сила в «у» направлении (кН);

$S_x$  – мембранное напряжение в «х» направлении (кН/м<sup>2</sup>);

$S_y$  – мембранное напряжение в «у» направлении (кН/м<sup>2</sup>);

$S_{xy}$  – мембранное сдвиговое напряжение (кН/м<sup>2</sup>).

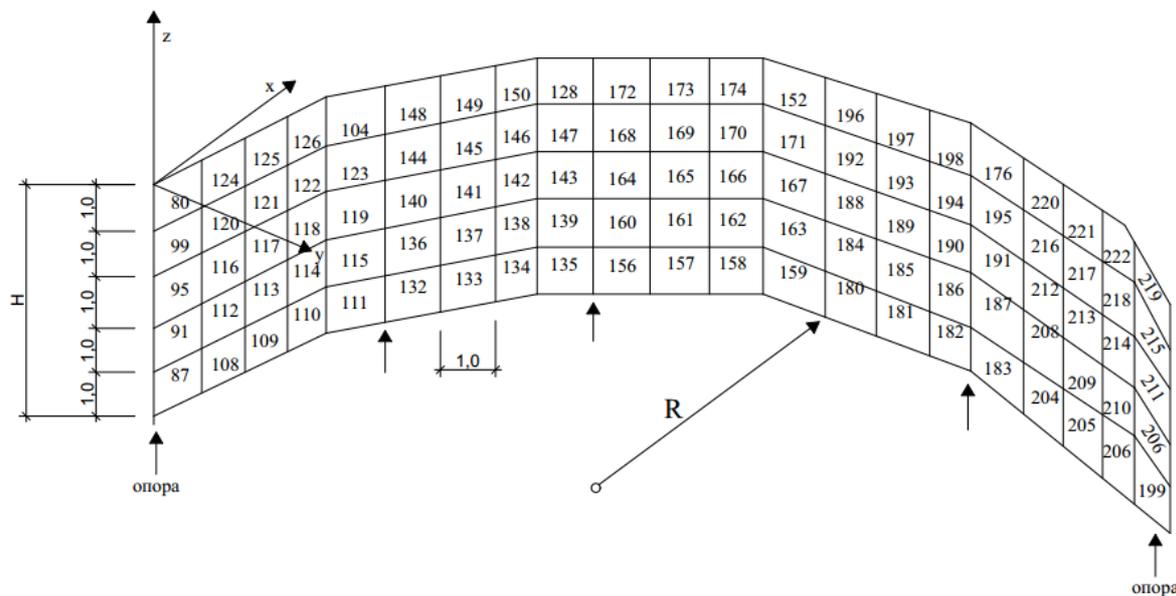


Рис. 3. Расчетная схема 1/2 оболочки и направления координат усилий

При этом результаты расчета программа позволяет представить в аксонометрическом виде, где знаки усилий представлены разным цветом: «-» – красным, «+» – синим. Интенсивность напряжений представляется различной степенью насыщенности цвета, что позволяет визуально наблюдать НДС оболочки

и определить минимальное и максимальное значения вышеприведенных напряжений. На рис. 4 представлено изображение распределения крутящих моментов  $M_{xy}$  в оболочке колодца  $R = 15$  м и  $H = 5$  м при опускании его на восьми опорах-сваях.

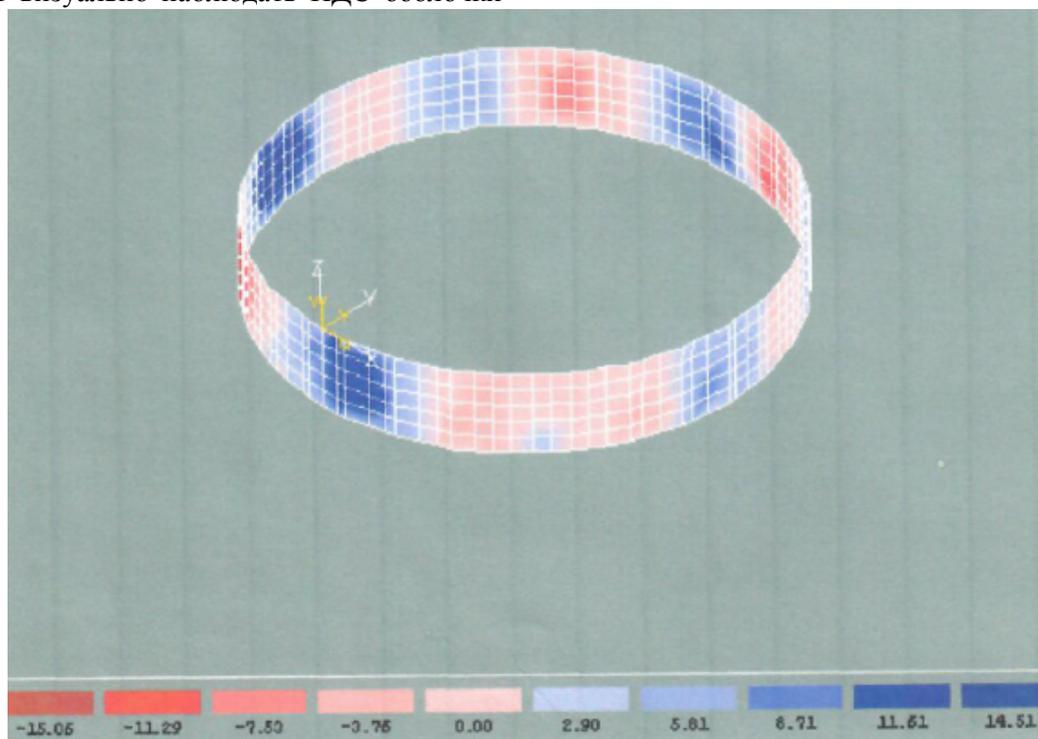


Рис. 4. Пример определения крутящих моментов  $M_{xy}$  в оболочке колодца  $R = 15$  м и  $H = 5$  м при опускании его на восьми опорах-сваях

Планом численного эксперимента было предусмотрено проведение 2-х этапов.

На I-ом этапе расчет оболочки колодца радиусом  $R = 15,0$  м и глубиной погружения  $H = 5,0$  м в начальный момент погружения.

При этом количество свай-опор принимали 4, 8 и 12 штук равномерно расставлением по периметру.

На II-ом этапе определили НДС оболочки сооружения глубиной погружения 5,0 м и

толщиной стены 1,0 м в начальный период погружения, при этом радиус сооружения при расчетах принимали 10, 12 и 15 м.

В результате проведенного эксперимента установили влияние количества свай-опор и радиуса оболочки на параметры ее НДС.

На рис. 5 приведены зависимости напряжений от изгибающих ( $M_x$  и  $M_y$ ) и крутящего ( $M_{xy}$ ) моментов от количества свай-опор под оболочкой опускного сооружения ( $R = 15,0$  м и  $H = 5,0$  м).



Рис. 5. Зависимость напряжений от изгибающих ( $M_x$  и  $M_y$ ) и крутящего ( $M_{xy}$ ) моментов от количества свай-опор при погружении оболочки ( $R = 15,0$ ;  $H = 5,0$  м): 1, 1a – от изгибающего момента в направлении оси  $y$ ; 2, 2a – от изгибающего момента в направлении оси  $x$ ; 3, 3a – от крутящего момента в осях  $xy$ .

На рис. 6 приведена зависимость мембранных напряжений в направлении осей  $x$  и  $y$  от количества свай-опор при погружении оболочки с параметрами  $R = 15,0$  м и  $H = 5,0$  м.

Полученные результаты I-го этапа позволили сделать вывод о том, что количество свай-опор под оболочкой опускного сооружения оказывают существенное влияние на ее НДС как от изгибающих и крутящего, так и на мембранные напряжения (рис. 5 и 6).

При этом увеличение количества свай-опор для всех видов ведет к резкому снижению. Так,

крутящий момент в оболочке уменьшается со  $105$  кН·м до  $14,5$  кН·м, мембранные напряжения в направлении оси  $x$  снижаются с  $2216$  кН/м<sup>2</sup> до  $420$  кН/м<sup>2</sup>.

Кроме этого установлено, что резкое снижение напряжений в оболочке колодца происходит при увеличении количества свай-опор в интервале с 4 до 8 при дальнейшем увеличении свай-опор напряжения практически остаются постоянными. Это относится ко всем видам напряжений.

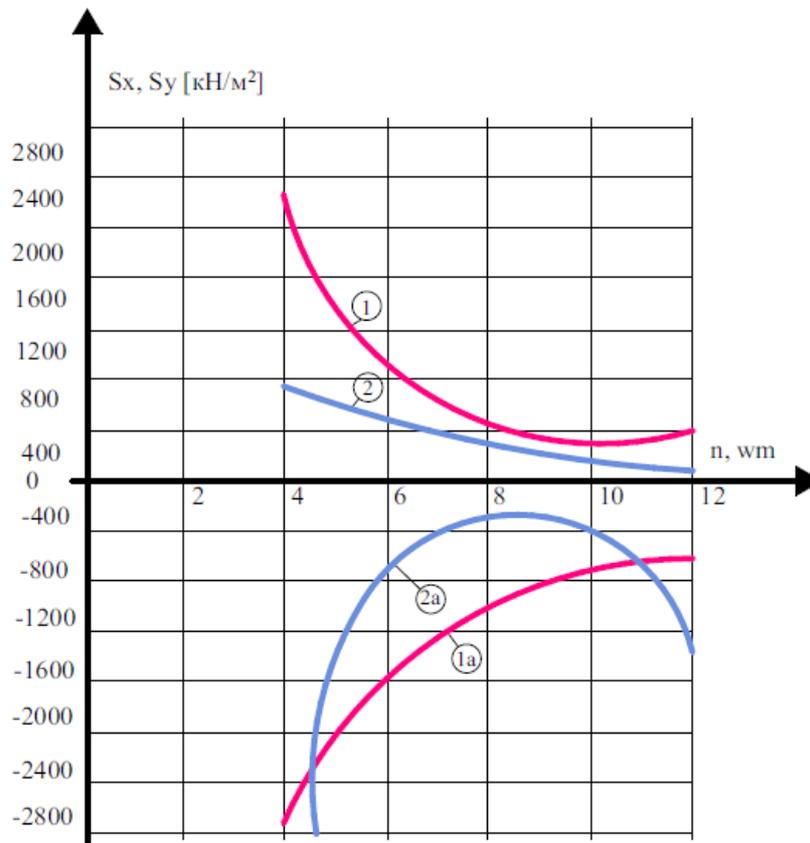


Рис. 6. Зависимость мембранных напряжений в направлении осей  $x$  и  $y$  от количества свай-опор под оболочкой опускного сооружения ( $R = 15,0$ ;  $H = 5,0$  м): 1, 1a – мембранные напряжения в направлении оси  $x$ ; 2, 2a – мембранные напряжения в направлении оси  $y$

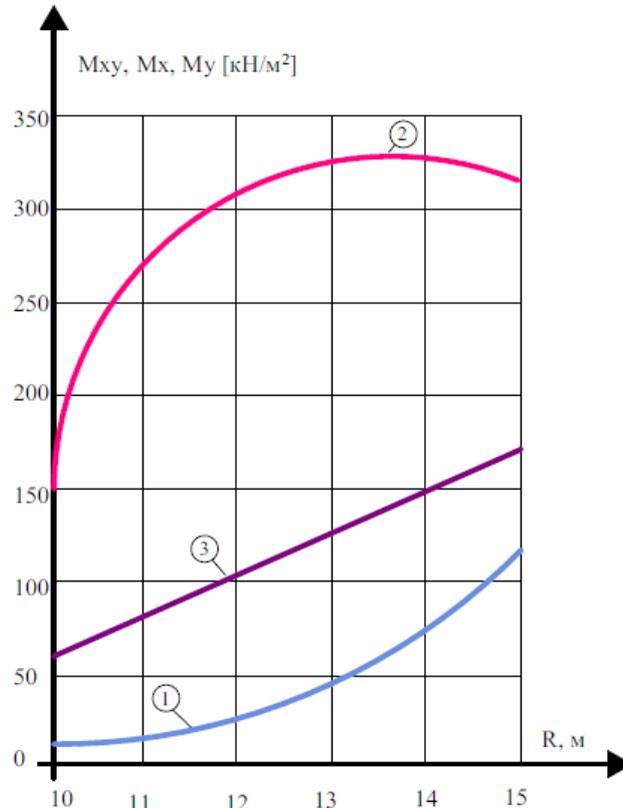


Рис. 7. Зависимость напряжений от изгибающего и крутящего моментов в зависимости от радиуса оболочки при высоте сооружения 5,0 м и опирающегося на четыре свай-опоры: 1 – напряжения от изгибающего момента в направлении оси  $y$ ; 2 – напряжения от изгибающего момента в направлении оси  $x$ ; 3 – напряжение от крутящего момента

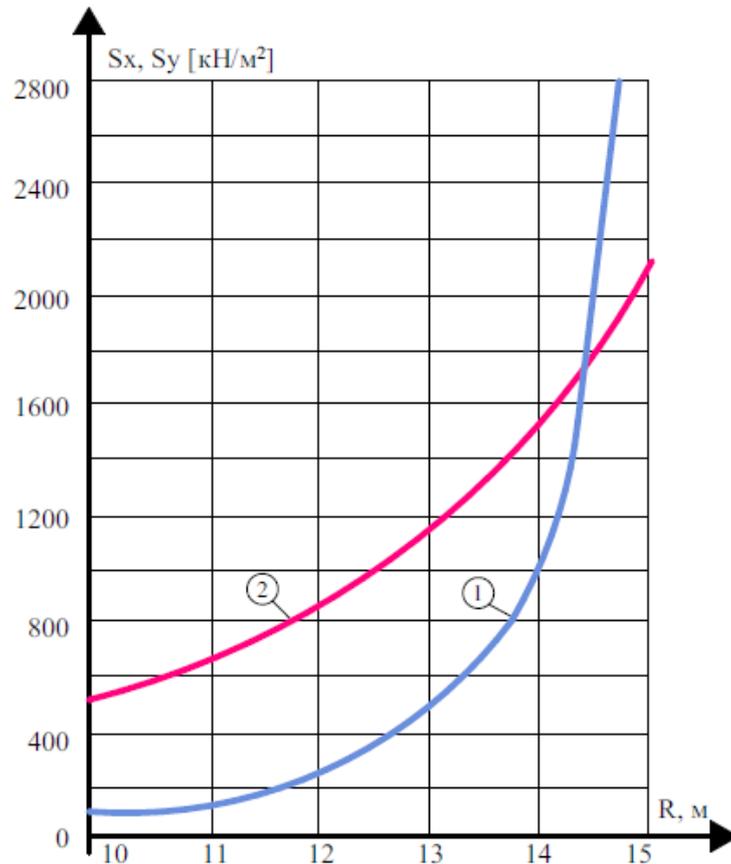


Рис. 8. Зависимость мембранных напряжений от радиуса оболочки опускного сооружения (H = 5,0 м, четыре сваи-опоры): 1 – мембранное напряжение в направлении оси y; 2 – мембранное напряжение в направлении оси x

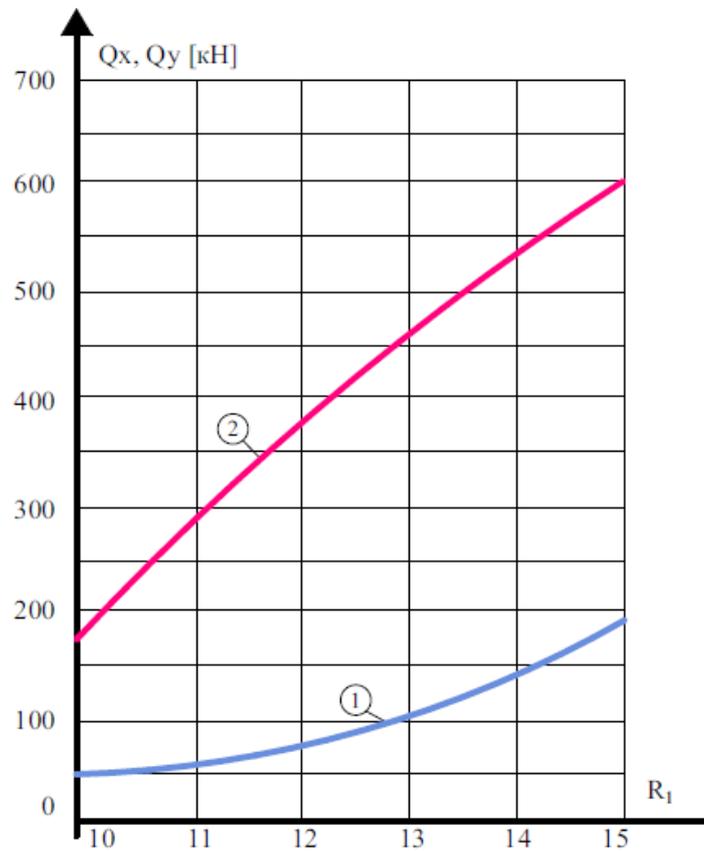


Рис. 9. Зависимость поперечной силы от радиуса оболочки опускного сооружения (при H = 5,0 м и четыре сваи-опоры): 1 – поперечная сила в направлении оси y; 2 – поперечная сила в направлении оси x

Однако, учитывая, что на I-ом этапе исследований радиус оболочки и ее высота были постоянными ( $\frac{R}{H} = 3,0$ ) значительный интерес представляет изучение влияния геометрических параметров НДС оболочки опускного сооружения при наличии постоянного числа свай-опор под ним.

Поэтому на II-ом этапе исследования было изучено влияние радиуса сооружения на основные параметры НДС оболочки по той же методике. Радиус изменяли от 10 до 15 м.

На рис. 7...9 представлены зависимости напряжений от изгибающего и крутящего моментов, мембранных напряжений и поперечной силы от радиуса оболочки при глубине погружения  $H = 5$  м и четырех сваях-опорах.

Анализ полученных результатов показал, что при увеличении радиуса оболочки с 10 до 15 м все виды напряжений значительно выросли. Так напряжения крутящего момента выросли с 52,7 кН/м до 165,4 кН/м; мембранные напряжения в направлении оси  $y$  увеличились с 147,4 кН/м до 3681,5 кН/м. Поперечная сила в направлении оси  $x$  увеличилась с 229,5 кН до 605,4 кН.

На основе полученных результатов сделаны следующие выводы:

– Количество свай-опор под оболочкой колодца при  $R > H$  оказывает значительное влияние на все виды напряжений в ее конструкциях. При этом при количестве опор более восьми это влияние резко сокращается;

– При использовании разработанного нами регулируемого способа погружения колодцев на разбираемых сваях-опорах, установили оптимальное количество свай под оболочкой – в пределах 8...12 штук;

– При дальнейших исследованиях следует установить влияние на НДС оболочек также бокового давления грунта, трения по боковой поверхности, конструктивного решения колодца;

– В перспективе следует исследовать влияние и других способов регулируемого погружения на НДС оболочек: (задавливание, опускание на бормах и др.).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Винаков М.П. Некоторые вопросы взаимодействия опускных колодцев с грунтовым массивом. В кн. Строительные изделия, конструкции и сооружения. М. 1977. С. 58–74.

2. Винаков М.П. Влияние изменчивости свойств грунтов на напряженно-деформированное состояние оболочек тонкостенных опускных колодцев. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Белгород. 1980 г.

3. Байцур А.И. Опускные колодцы (проектирование и строительство), Киев, Будивельник, 1972. 208 с.

4. Ивахнюк В.А. Строительство и проектирование подземных и заглубленных сооружений. М.: Изд-во АСВ, 1999. 298с.

5. Кочерженко В.В. Технология возведения подземных сооружений: Учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2000. 160с.

6. Авторское свидетельство 617527 [СССР]. Способ погружения опускного колодца в грунт/ В.А. Ивахнюк, М.П. Винаков, Е.М. Кольцов.- Оpubл. в Б.И. 1978. №28.

7. Авторское свидетельство по заявке № 2753244/29-33, положительное решение ВНИИГПЭ от 3.10.1979г / В.А. Ивахнюк, В.В. Кочерженко, М.П. Винаков.

8. Белячевский Б.И., Чумаков Н.С. Сооружения сборных опускных колодцев с принудительным регулированием их погружения // Основания, фундаменты и механика грунтов.1975. №6. С. 3–5.

9. Авторское свидетельство 876857 [СССР]. Опускной колодец/В.А. Ивахнюк, А.А. Колекин, В.В. Кочерженко и др. Оpubл. Б.И. 1981, №46.

10. Рекомендации к устройству фундаментов способом опускного колодца, ВНИИОСП. М. 1988.

11. Справочник-проектировщика. Основания, фундаменты и подземные сооружения (под редакцией Сорочана А.Е) М., 2007.

12. СП 63.13330.2012. Бетоны и железобетонные конструкции. Общие положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М., Минрегион России, 2012.

**Kocherzhenko V.B., Pogorelova I.A.**

### RESEARCH OF INFLUENCE OF TECHNOLOGY OF IMMERSION OF SHELLS OF SUNK WELLS IN THEIR MODE OF DEFORMATION

*The influence of technology of immersion of shells of sunk wells on knocked-down piles – pillars. There was established an optimal number of piles under sunk well from minimal values of mode of deformation, arising in it. There was established an influence of radius of sunk well on knocked-down piles on mode of deformation of shell.*

**Key words:** shell of sunk well, technology of immersion, forces, mode of deformation, pile, moment, radius.

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

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: vvkpgs1946@yandex.ru

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

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: innapogorelova@yandex.ru