

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ВТОРОЙ ОЧЕРЕДИ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛИНИИ В ОДЕССКОМ ПОРТУ «ЮЖНЫЙ»

**Шеховцов И.В.<sup>1</sup>**, *к.т.н., доц.*, **Петраш С.В.<sup>1</sup>**, *к.т.н., доц.*,  
**Бондаренко А.В.<sup>1</sup>**, *к.т.н.*, **Шеховцов В.И.<sup>1</sup>**, *к.т.н.*,  
**Тугаенко Ю.Ф.<sup>1</sup>**, *д.т.н., проф.*, **Ткалич А.П.<sup>1</sup>**, *к.т.н., доц.*,  
**Логинова Л.А.<sup>1</sup>**, **Спатарь Н.П.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Одесская государственная академия строительства и архитектуры*  
<sup>2</sup> *ООО «ТИС - Минудобрения»*

В 2008 году проведено обследование прикордонной конвейерной галереи, расположенной на территории комплекса по перегрузке минеральных удобрений и закрытых грузов на причале № 17 «Трансинвест-сервис». Целью обследования являлось определение фактического технического состояния ее несущих конструкций с определением возможности модернизации.

Причал № 17 расположен на территории погрузо-разгрузочного района № 2 МТП «Южный» на восточном берегу Малого Аджалыкского (Григорьевского) лимана (см. Рис.1).

Согласно архивных данных, проект конвейерной галереи разработан фирмой «РНВ Weserhutter AG» в 1986 г. Ее назначение - транспортировка по конвейерам сыпучих материалов на основе фосфоритов. Строительство велось в период с 1986 по 1989 годы. В 1989 г произведена первая загрузка судна. В 1997 году выполнена реконструкция галереи с увеличением ее длины до 200м. Начиная с 1998 года, по ее конвейерам перемещались сыпучие материалы различной степени агрессивности (сульфаты, фосфориты, нитраты и др).

Прикордонная конвейерная галерея представляет собой горизонтальное инженерное сооружение большой протяженности мостового типа со стальными несущими конструкциями пролетных строений и опор. В пролетных строениях расположена средняя часть ленточного конвейера, а его «головная» и «хвостовая» части — вне пролетных строений. Погрузка – разгрузка сыпучих материалов осуществляется специализированными судоразгрузчиками через технологическое окно, выполненное со стороны фасада.

Необходимость замены морально и физически устаревшего оборудования (судопогрузочных машин) потребовало выполнение модернизации и технического переоснащения прикордонной причальной гале-

реи для изменения узла подачи груза на судопогрузочные машины. Размещение двух новых конвейеров с шириной ленты 1,8 м в существующей галерее с соблюдением всех необходимых нормативных технологических требований к таким сооружениям не представлялось возможным.

Реконструируемая  
конвейерная галерея



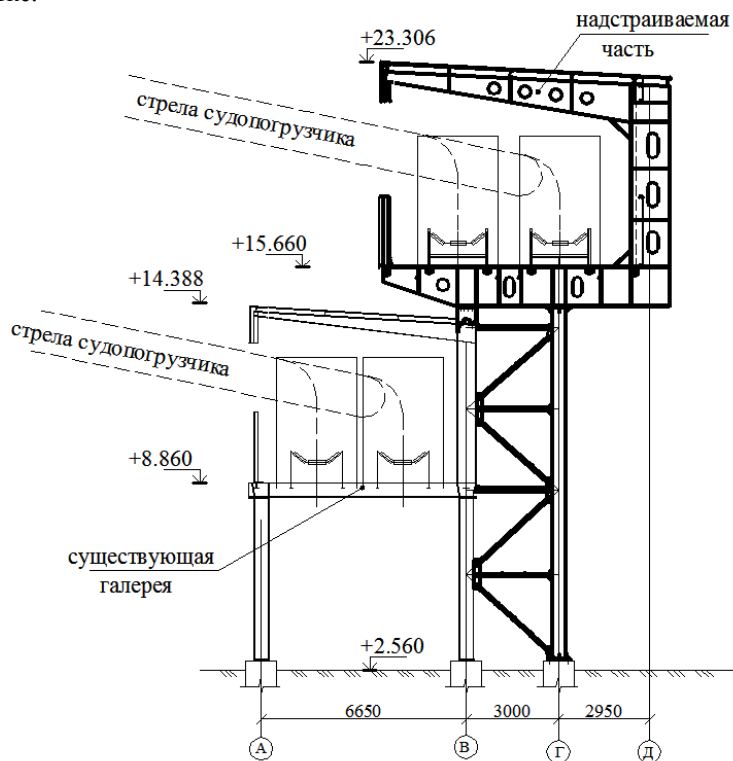
*Рис.1. – Фрагмент ситуационного плана*

В конструктивном отношении существующее сооружение представляет систему металлических плоских рам, объединенных в пространственную конструкцию при помощи ферм с параллельными поясами. Все несущие конструкции галереи по высоте располагаются в пределах ее технологического габарита. Ограждающие конструкции – профилированный настил. Фундаменты под колонны – столбчатые, свайные, по две сваи под каждую из опор.

Модернизация галереи проводилась путем ее надстройки с сохранением существующего сооружения (всех его конструктивных элементов и конструктивной схемы в целом). Поперечное сечение галереи приведено на рис.2.

Пролетное строение галереи после ее модернизации состояло из опорных рам, несущих ферм с параллельными поясами, поперечных балок покрытия и перекрытия, горизонтальных связей по нижним и верхним поясам ферм. Все несущие элементы выполнены из металли-

ческого прокатного профиля, подвергнутого антикоррозийной обработке.



*Рис.2. – Поперечное сечение конвейерной галереи после ее модернизации*

Опорные рамы, представляющие собой незамкнутую С-образную сварную конструкцию, опирались на дополнительную опору и опору существующего строения. Вновь устраиваемые дополнительные опоры рам выполнены из металлической трубы с заполнением внутреннего пространства бетоном.

Под каждую из 19-ти вновь устраиваемых опор принят столбчатый свайный фундамент, состоящий из одной бурунабивной сваи и квадратного ростверка с размером стороны 1.8 м. Проектом предусмотрено испытание каждой сваи статической вдавливающей нагрузкой.

Принятое конструктивное решение позволило проводить строительно-монтажные работы по модернизации прикордонной галереи без

остановки процесса транспортирования грузов по существующим конвейерам.

Геологическое строение основания, вдоль трассы, уточнено проходкой 5 разведочных скважин глубиной 13,5 м. Ниже отметки поверхности причала залегают следующие грунты (ИГЭ): 1. Песок серый (намывной), среднезернистый, с включением ракушки, с глубины 2,5 м, - водонасыщенный. Его мощность колеблется от 5,6 до 7,1 м.; 2. Ил суглинистый, черного цвета, мощностью от 1,2 до 1,6 м.; 3. Ил супесчаный, серый, мощностью 1,4 м.; 4. Песок мелкий, серый, водонасыщенный, мощн. 1,0 ... 1,2 м.; 5. Глина серо - зеленая, меотическая, тяжелая, - мощность не пройдена. Уровень подземных вод гидравлически связан с горизонтом акватории порта.

Проведены испытания каждой из 19 свай эстакады. В качестве несущего слоя приняты ИГЭ - 5.

Под опоры дополнительных стоек конвейерной линии, применены буронабивные сваи диаметром 325 мм, длина которых колебалась от 9 до 12 м. Расстояние между сваями 9 м, с расчетной нагрузкой 400 кН. В связи с высоким уровнем подземных вод, сваи изготовлены в обсадных трубах, с последующим их извлечением. Геологический разрез и схема расположения свай по продольной оси приведены на рис. 3.

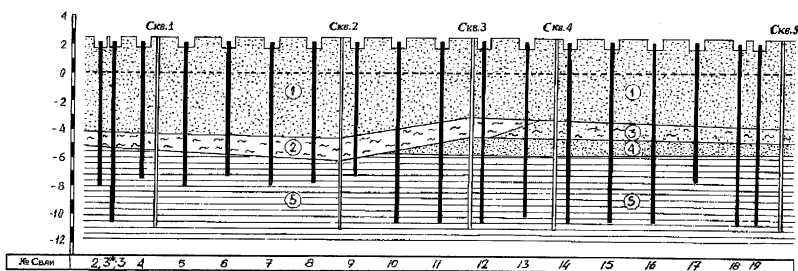


Рис. 3. - Геологическое строение со схемой расположения свай по продольной оси

В действующих нормах граничная нагрузка на сваю, при ее статическом испытании на вдавливание, определяется по одному из двух критериев:

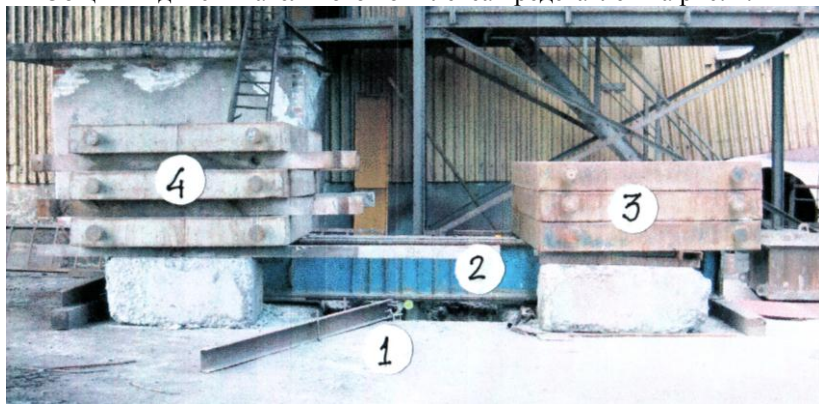
Первый - нагрузка, вызвавшая непрерывное перемещение сваи - «срыв», без ее увеличения, при осадке меньше 20 мм, принимается за частную величину предельного сопротивления грунтов основания.

Второй - нагрузка принята при осадке, равной 20% от ее предельного значения для проектируемого здания [1].

В принятых критериях предельная нагрузка на сваю определяется по величине осадки измеренной в верхнем торце сваи без учета деформирования ее ствола и сопротивления окружающих грунтов.

Испытания сваи проведено статической вдавливающей нагрузкой, гидравлическим домкратом ДГ – 100. В качестве упорной системы принята балка, на которую укладывались чугунные плиты весом 100 кН, с общей нагрузкой до 650 кН.

Общий вид испытательного комплекса представлен на рис. 4.



*Рис. 4. - Общий вид испытательного комплекса:  
1. реперная балка; 2. упорная балка; 3. чугунные плиты;  
4. то же, уложенные с прокладками из брусьев.*

Испытания проведены по двум методикам: релаксации напряжений и циклически возрастающей нагрузки в сочетании с методом релаксации напряжений.

Метод релаксации напряжений рекомендуется стандартом для ускоренного испытания свай [2]. В проведенных исследованиях изменена технология их проведения. Вместо ступеней, определяемых величиной осадки, сохранены ступени нагрузок, предусмотренные стандартом с их увеличением на 10...15% – на величину снижения в процессе релаксации.

Проведенные испытания показали надежность этого метода, значительное сокращение длительности их проведения и близкое совпадение с результатами, полученными при приложении ступенчато – возрастающей нагрузки с доведением осадки до стабилизации.

На основе метода релаксации напряжений разработана методика определения предельной нагрузки на сваю с высокой достоверностью ее значений после двух или трехкратной повторяемости циклов «сры-

ва» сваи [3]. Обладая рядом достоинств, этот метод не позволяет оценить сопротивление грунтов вдоль боковой поверхности ствола и ниже подошвы сваи.

Результаты испытаний методом циклически возрастающей нагрузки позволяют дифференцировано оценить сопротивление грунтов по боковой поверхности вдоль ствола в пределах каждого ИГЭ и ниже подошвы сваи без применения специального измерительного оборудования. Сущность метода заключается в изменении технологии приложения нагрузки. Стандартная технология ступенчато возрастающей нагрузки заменена методом ее циклического приложения. Каждая ступень представляет собой самостоятельный цикл, включающий приложение нагрузки, выдерживание ее до стабилизации и разгрузку. Это позволяет для каждой ступени определить полную величину осадки, ее остаточную и упругую составляющие [4].

Зависимость упругой составляющей общей деформации от нагрузки, состоит из двух ветвей: первая – упругая деформация ствола сваи; вторая – сумма упругой деформации ствола и грунта ниже его подошвы. Их границей является точка перелома зависимости, при которой нагрузка равна предельному значению сил бокового трения. При превышении предельного сопротивления сил бокового трения ствол сваи, будучи упруго сжатым, начинает перемещаться, в результате деформирования грунтов ниже его подошвы.

По значениям упругого деформирования ствола на отдельных участках его длины определяется сопротивление грунта вдоль боковой поверхности. Сочетание этого метода с методом релаксации позволило значительно сократить длительность испытаний при сохранении высокой достоверности полученных результатов.

Метод релаксации напряжений позволяет повысить достоверность определения предельной нагрузки на сваю. Нагрузку, при которой наблюдается непрерывное нарастание осадки (срыв) выдерживают до получения дополнительной осадки 20...30 мм, после чего прекращается поддержка её постоянства. Процесс стабилизации деформаций сопровождается увеличением осадки, вызывающим снижение давления в камере домкрата. Установившееся равновесие между нагрузкой и сопротивлением грунта вокруг ствола сваи  $P_{lim}$  определяет предельное её значение.

Последующие контрольные циклы повышения нагрузки (2...3) позволяют получить несколько значений ее предельного значения. В проведенных испытаниях их значения близко совпали. Результаты испытаний сваи № 2 после изготовления и дополнительного погружения приведены на рис. 5 и в табл. 1.

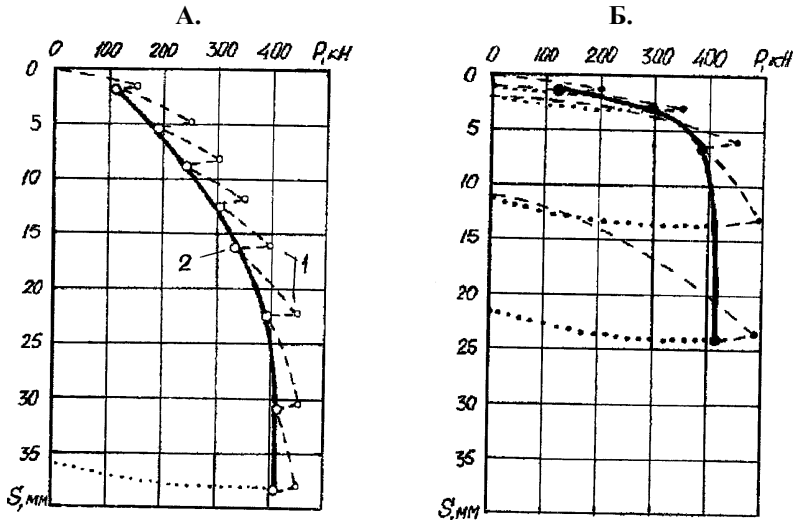


Рис. 5. - Результаты испытаний сваи № 2:

- А.** после ее изготовления методом релаксации напряжений при приложении нагрузки (1) и релаксации напряжений (2);  
**Б.** после дополнительного погружения, методом циклически возрастающей нагрузки в сочетании с методом релаксации

В таблице 1 приведены данные результатов выполненных исследований свай, у которых достигнут «срыв». Из таблицы видно, что «срыв» является условной величиной принимаемой для оценки предельной нагрузки. Расчетное её значение не должно превышать частного от деления предельного значения на коэффициент надежности. Предельное значение, принятое в соответствии с действующими нормами на 8...29% превысило значения определенные при применении метода релаксации. Его величина близко совпадает с расчетным значением ( $F_d / \gamma_k$ ). Практически, предельное значение нагрузки на сваю, полученное методом релаксации напряжений может быть принято за расчетное значение.

В процессе контрольного испытания каждой сваи, выполненного после достижения прочности бетона не менее 70% от его класса в трех сваях (№№ 2; 5; 8) расчетная нагрузка оказалась меньше предусмотренной в проекте. Для повышения их несущей способности проведено их дополнительное погружение с использованием оборудования, примененного для испытаний.

Таблица 1

Показатели предельного состояния системы  
свая - грунты основания

№ сваи	<i>n</i>	$F_u$ , кН	$F_d$ , кН	$P_{lim}$ , кН	$P_{lim}/F_d$	$P_{lim}/N$	$\Delta\ell$ , см
2	3	450	375	395	1,05	0,99	-
		450	375	415	1,11	1,04	
		450	375	405	1,08	1,01	
2'	2	488	407	415	1,02	1,04	70
		488	407	415	1,02	1,04	
4	2	560	467	510	1,09	1,27	-
		550	458	465	1,02	1,16	
5	2	500	417	413	0,99	1,03	-
		500	417	388	0,93	0,97	
8	1	525	437	475	1,09	1,19	-
9	2	550	457	475	1,04	1,19	-
		550	457	483	1,06	1,21	

Примечания: 2; 2' - испытания после изготовления сваи и дополнительного погружения « $\Delta\ell$ »;  $F_d$  – расчетная несущая способность грунтов основания сваи;  $N$  – проектная расчетная нагрузка на сваю (400 кН);  $F_u$ ,  $P_{lim}$  – предельная нагрузка при «срыве» и после достижения равновесия в процессе релаксации.

Характерным для этих исследований является увеличение предельной нагрузки после дополнительного погружения ствола сваи на 70 см. Значение нагрузки возросло от 450 кН до 488 кН. При этом несущая способность сваи согласно [1] составила соответственно 375 кН и 405 кН. Предельная нагрузка, полученная методом релаксации составила соответственно 405 кН и 415 кН. Нагрузку, определенную методом релаксации, можно принимать за расчетную. Среднее значение расхождения между ними согласно опытных данных, приведенных в табл.1, составило ~ 4%.

Используя зависимость упругой составляющей сжатия сваи от нагрузки, определено ее предельное значение, воспринимаемое силами трения и соответствующая ему величина упругого сжатия ствола. Полученные результаты позволили определить значение модуля упругости бетона для свай 3 и 3\* соответственно равные  $(1.41 \text{ и } 1.19) \times 10^4$  МПа. Для каждой ступени нагрузки согласно закона Гука определена



длина сжатого участка сваи для каждой ступени нагрузки [4,5]. Результаты приведены в табл.2 и на рис.6А. Используя полученные результаты определены значения сопротивления сдвигу вдоль боковой поверхности по глубине (табл.2 и рис.6Б).

Таблица 2

Параметры напряженно-деформированного состояния ствола

№	$P$ , кН	$\sigma_{ср}$ , МПа	$l_f$ , м	$s_y$ , см	$\Delta l_f$ , м	$P_f$ , кН	$\Delta A$ , м <sup>2</sup>	$f_{ср}$ , кПа
3	62	0,374	0	0	-	-	-	-
	125	0,754	7,66	0,041	7,66	63	7,82	8,06
	195	1,176	10,06	0,084	2,4	70	2,90	24,13
	390	2,352	12,70	0,212	2,64	195	2,70	72,2
3*	83	0,500	0	0	-	-	-	-
	125	0,754	5,19	0,033	5,19	42	5,3	7,92
	195	1,176	8,48	0,084	3,29	70	3,36	20,8
	468	2,823	12,40	0,295	3,92	273	4,0	68,25

Ствол сваи упруго деформируется последовательно, по мере роста нагрузки. Чем меньше сопротивление по боковой поверхности, тем большая длина сжатого участка. При равном приращении нагрузки  $\Delta P$  приращения длины ствола  $\Delta l_f$  больше в пределах грунтов с низким значением сил бокового трения.

По графику рис.6А видно, что верхние слои (ИГЭ – 1; 2) оказывают меньше сопротивление вдоль боковой поверхности, чем нижний (ИГЭ – 5).

### Выводы

1. Модернизация причальной галереи позволила конструктивно изменить подачу груза на судопогрузочные машины, что привело к уменьшению его потерь при транспортировке для загрузки судов и сокращение ее длительности, улучшению условий труда.

2. Под каждую стойку применена одна свая, с ее контрольным испытанием.

3. Три сваи с несущей способностью меньше расчетной были дополнительно погружены вдавливанием, до получения нагрузки превышающей расчетную.

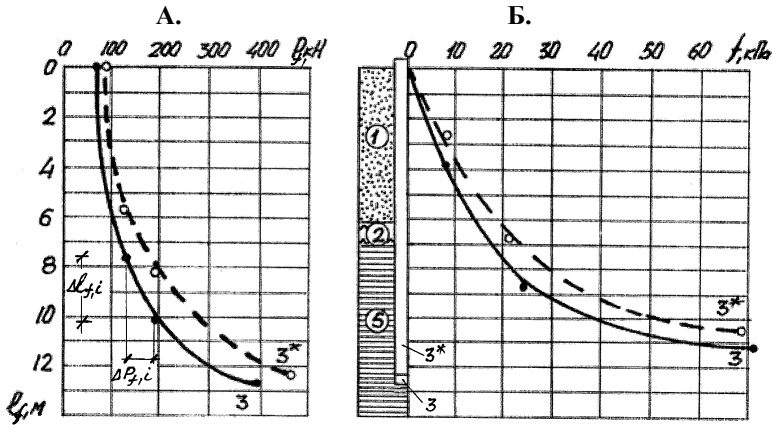


Рис. 6 - Параметры сопротивления грунтов вдоль боковой поверхности для свай 3 и 3\*. А. Зависимость упругого сжатия ствола сваи от нагрузки; Б. Геологическая колонка грунтов основания с расположением подошв свай; В. Сопротивление по боковой поверхности сваи на разных участках ее длины

4. Применение методики релаксации напряжений позволило повысить достоверность определения предельной нагрузки.

5. По результатам испытаний методом циклически возрастающей нагрузки в сочетании с методикой релаксации напряжений выполнена дифференциальная оценка сопротивления грунтов трению вдоль боковой поверхности сваи при сокращении их длительности.

## SUMMARY

The structural decision accepted at a reconstruction is described. Results over of model tests of буронабивных piles are brought on two methodologies: relaxations of tensions and cyclic increasing loading in combination with the method of relaxation of tensions.

1. СНиП 2.02.03. - 85 Свайные фундаменты. - М.: Стройиздат, 1985. - 45с. 2. ДСТУ Б В.2.1-1-95 (ГОСТ 5686 - 94). Грунти. Методи польових випробувань палями. - К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури. - 1997. - 57 с. 3. Спосіб визначення граничного навантаження на палю. Патент № 92895 Україна, МПК E02D 33/00. Тугаєнко Ю.Ф.; Ткалич А.П.; Василевская Л.А. № а2006 14091. Заявлено 29.12.2006. Опубл. 27.12.2010. Бюл. №24 - с. 1 - 40. 4. Тугаєнко Ю.Ф. Ткалич А.П. Деформирование буронабивной сваи и грунтов основания // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. - Випуск 26. - Одеса. - 2007. - С. 290 - 296. 5. Тугаєнко Ю.Ф. Процессы деформирования грунтов в основаниях фундаментов свай и свайных фундаментов. - Одесса: Астропринт, 2008. - 216 с.