



ООО «Морское строительство и технологии»



ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ

г. Санкт-Петербург, ул. Гжатская, д. 21, корп. 2, литера А
Телефон: (812) 333-13-10, Факс: (812) 333-13-11
e-mail: mct@morproekt.ru www.morproekt.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ АНАЛИЗА МЕТОДОВ РАСЧЕТА УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ (УЗП)

Конструктивные особенности

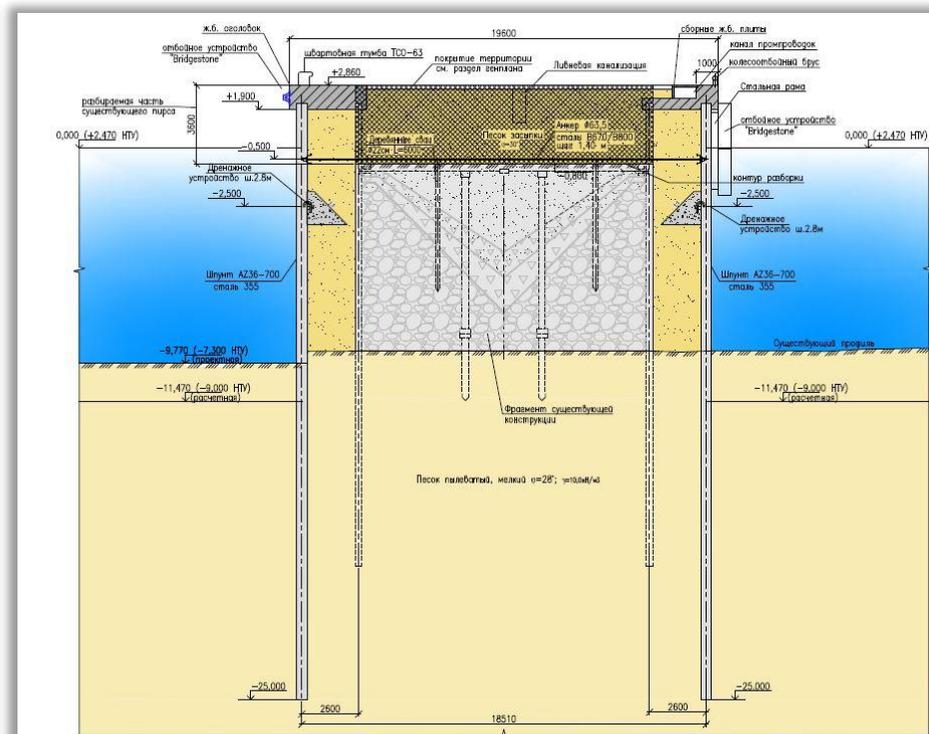
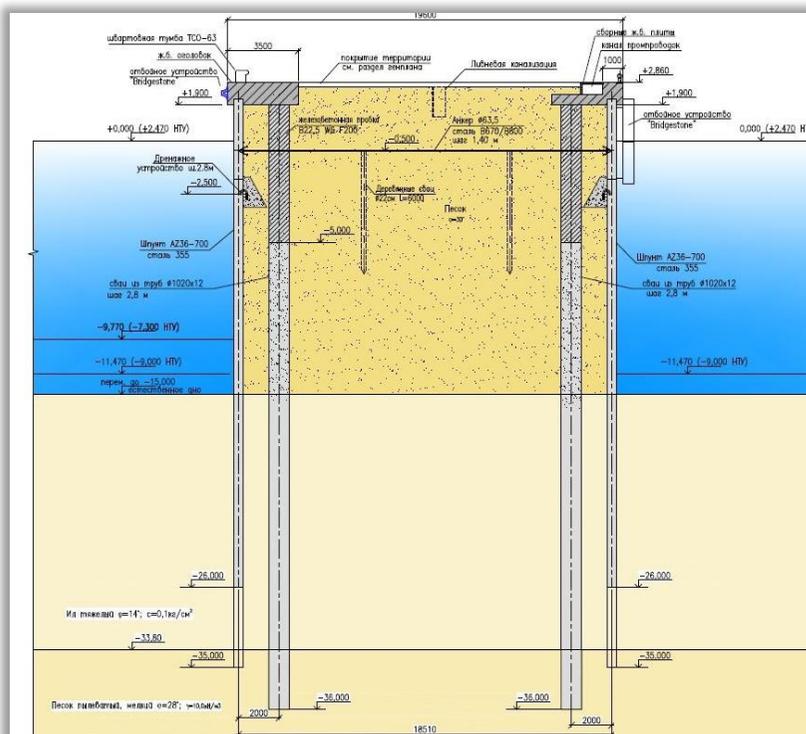
Пирс – конструктивное объединение причалов, выступающих в акваторию порта, для швартовки судов не менее чем с двух сторон.

Узкий засыпной пирс – возводится при наличии существенных горизонтальных силовых воздействий.

Эффективен при ограниченности береговой территории порта, так как позволяет на небольшой площади сосредоточить большое количество причалов.



В конструктивном отношении представляет собой взаимозаанкеренную двухрядную конструкцию из шпунта (трубошпунта) засыпанную песком или щебнем.



АКТУАЛЬНОСТЬ АНАЛИЗА МЕТОДОВ РАСЧЕТА УЗКИХ ЗАСЫПНЫХ ПИРСОВ (УЗП)

География применения Узких насыпных пирсов

УЗП построены как в ряде крупных морских Российских портов, так и множестве зарубежных.



МЕТОДИКИ РАСЧЕТА УЗП

Нормативные

РД 31.31.55-93 Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений

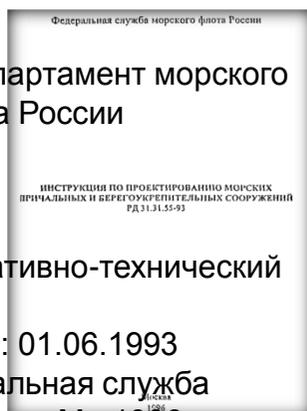
Принявший орган: Департамент морского транспорта Минтранса России

Статус: Действующий

Тип документа: Нормативно-технический документ

Дата начала действия: 01.06.1993

Опубликован: Федеральная служба морского флота России. - М., 1996 год



РД 31.31.25-85 Инструкция по проектированию причальных сооружений для условий Арктики

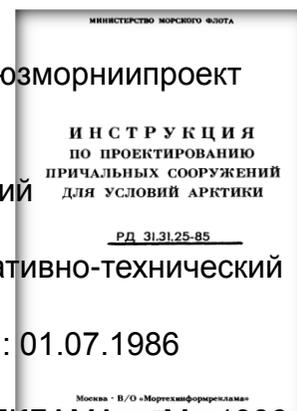
Принявший орган: Союзморниипроект

Статус: Недействующий

Тип документа: Нормативно-технический документ

Дата начала действия: 01.07.1986

Опубликован: В/О «МОРТЕХИНФОРМРЕКЛАМА» - М., 1986 год



РД 31.31.23-81 Руководство по проектированию узких засыпных пирсов и палов с учетом арктических условий

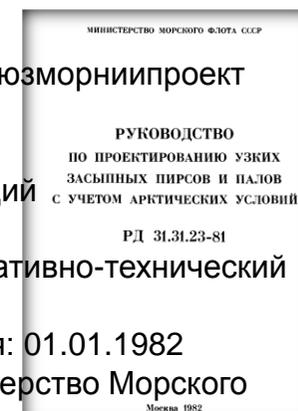
Принявший орган: Союзморниипроект

Статус: Недействующий

Тип документа: Нормативно-технический документ

Дата начала действия: 01.01.1982

Опубликован: Министерство Морского Флота СССР - М., 1982 год



Ненормативные

СНТ* «Проблемы гидротехнического строительства на морском транспорте»

* - Сборник научных трудов

Тип документа: Сборник научных трудов

Опубликован: В/О «МОРТЕХИНФОРМРЕКЛАМА» - М., 1989 год



Справочник по гидротехнике

ВНИИ Водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии (ВОДГЕО)

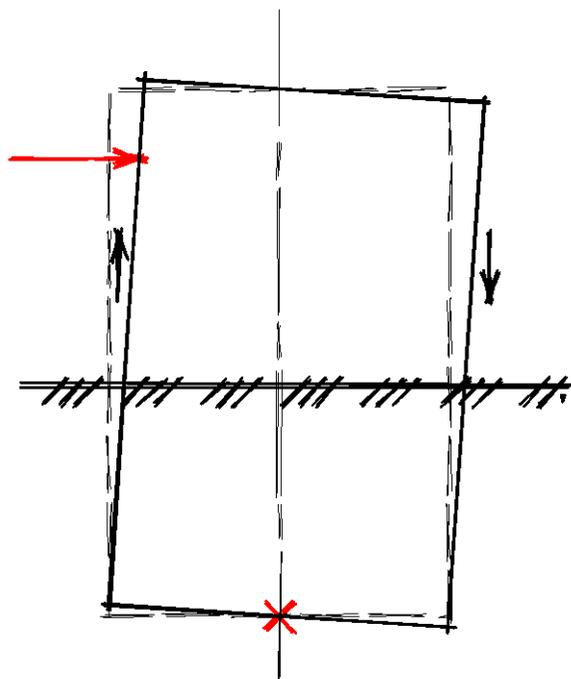
Тип документа: Справочник

Опубликован: государственное издательство литературы по строительству и архитектуре - М., 1955 год



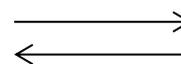
МЕТОДИКИ РАСЧЕТА УЗП

Методики, рассматривающие только активное давление (нормативные)



$$\gamma_{lc} M_t \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} M_r,$$

РД 31.31.23-81



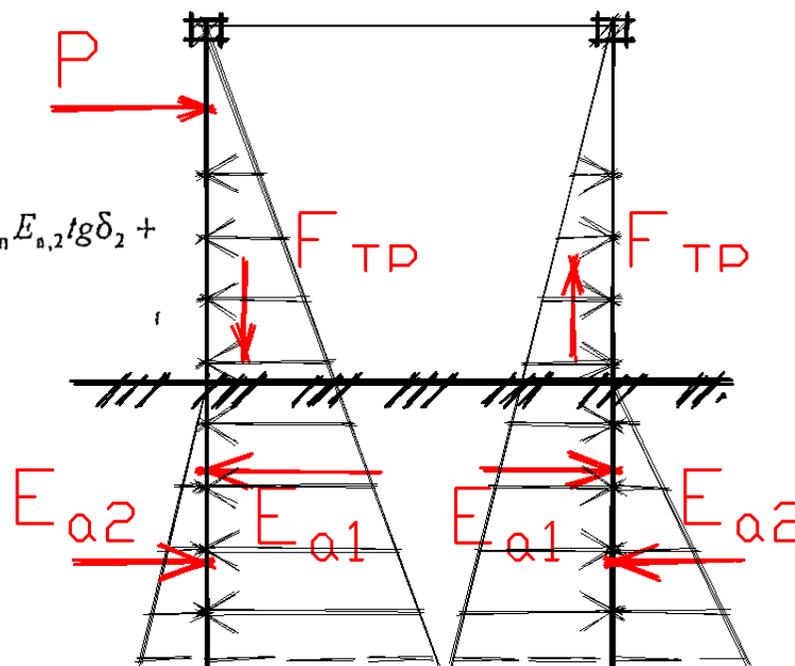
РД 31.31.25-85
Ссылается на
РД 31.31.23-81

$$M_{yq} = 0,33 B E_{a1} (2 \operatorname{tg} \varphi_{cp} + \operatorname{tg} \delta_1) + 0,33 B E_{a2} \operatorname{tg} \delta_2 + 0,33 \frac{B^2}{l} E_{a1} \operatorname{tg} \delta_1 + M_0;$$

РД 31.31.55-93

$$M_r = 0,33 b_n E_{a1} (2 \operatorname{tg} \varphi_{red} + \operatorname{tg} \delta_1) + 0,33 b_n E_{a2} \operatorname{tg} \delta_2 + \frac{0,33 b_n^2 E_{a1} \operatorname{tg} \delta_1}{a_n} + M_0;$$

В разделе «Расчет узких насыпных пирсов» РД 31.31.55-93 сказано, что их следует рассчитывать как больверк, при этом, необходимо дополнительно выполнить расчет устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости.



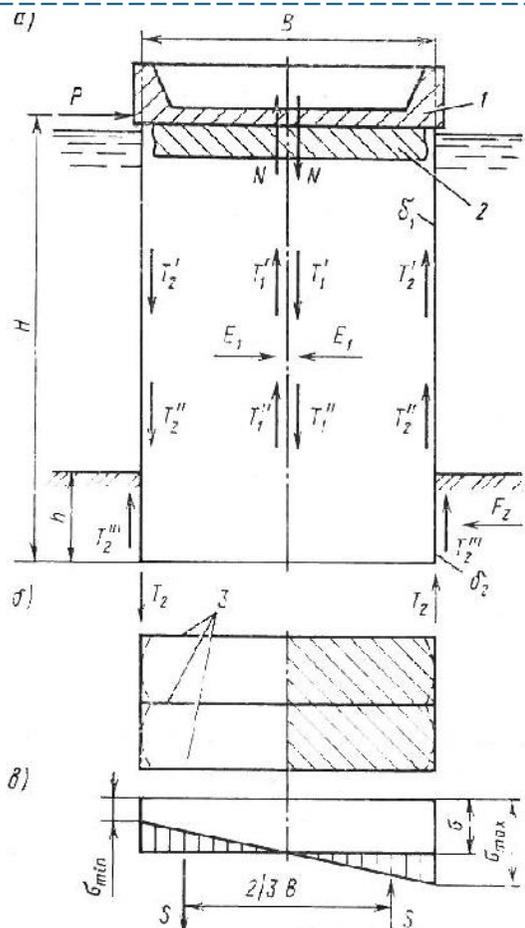
МЕТОДИКИ РАСЧЕТА УЗП

Методики, рассматривающие только активное давление (ненормативные методики)

СНТ* «Проблемы гидротехнического строительства на морском транспорте»

Ж.И. Барамидзе

Наиболее ответственным этапом при разработке метода расчета является составление расчетной схемы, отражающей работу сооружения в реальных условиях.



$$T_1 = T_1' + T_1'' + N;$$

$$T_2 = T_2' + T_2'' + T_2''';$$

$$N = N' + N'' + N''';$$

$$T_1' = E_1 \operatorname{tg} \varphi_{\text{ср}};$$

$$T_1'' = E_1 f;$$

$$T_2' = E_2 \operatorname{tg} \delta_1;$$

$$T_2'' = E_2 \operatorname{tg} \delta_2;$$

$$T_2''' = E_1 f;$$

$$N' = F_a R_{\text{ср}};$$

$$N'' = h R_p;$$

$$N''' = h_p R_{\text{ср.п.}}$$

$$M_{\text{уд}} = \frac{2}{3} B E_1 (\operatorname{tg} \varphi_{\text{ср}} + 1,5f - 0,5 \operatorname{tg} \delta_1) + \frac{2}{3} B N + \frac{1}{3} B E_2 \operatorname{tg} \delta_2 + M_0.$$

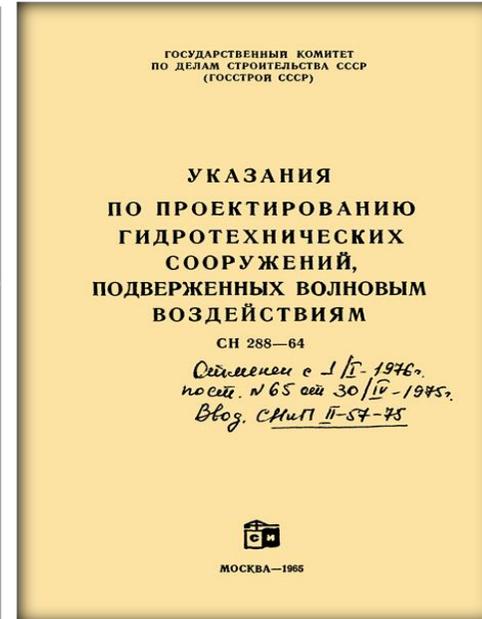
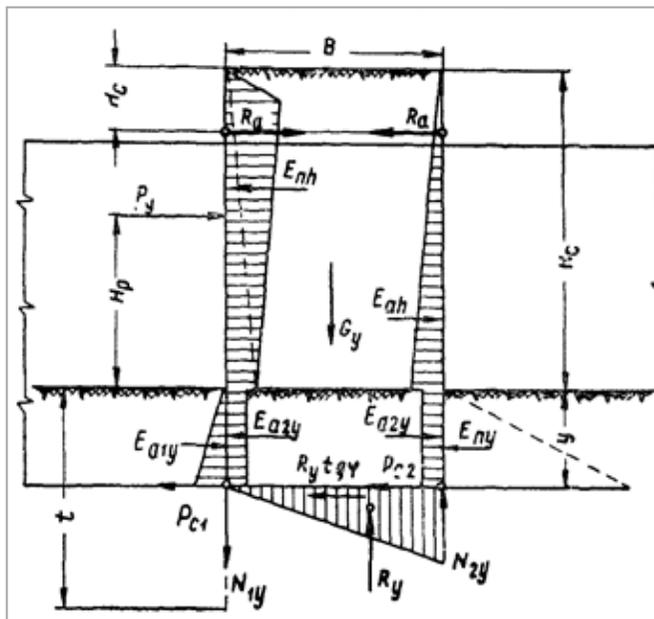
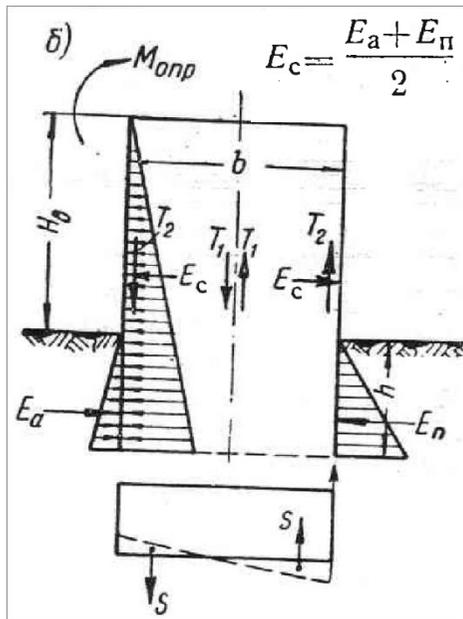
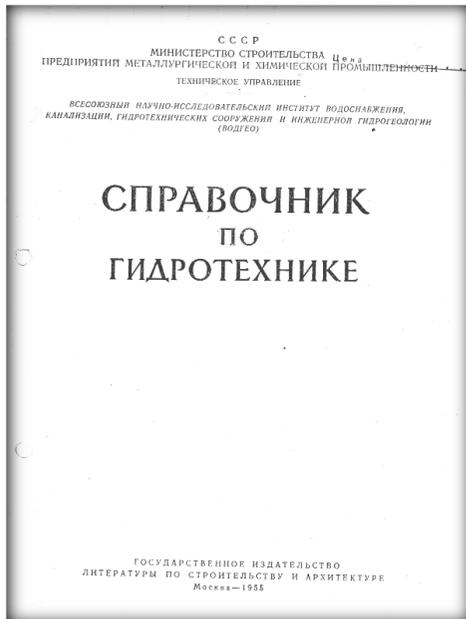
$$M_r = 0,33 b_n E_{a,1} (2 \operatorname{tg} \varphi_{\text{ред}} + \operatorname{tg} \delta_1) + 0,33 b_n E_{a,2} \operatorname{tg} \delta_2 + \frac{0,33 b_n^2 E_{a,1} \operatorname{tg} \delta_1}{a_n} + M_0;$$

(РД 31.31.55-93)

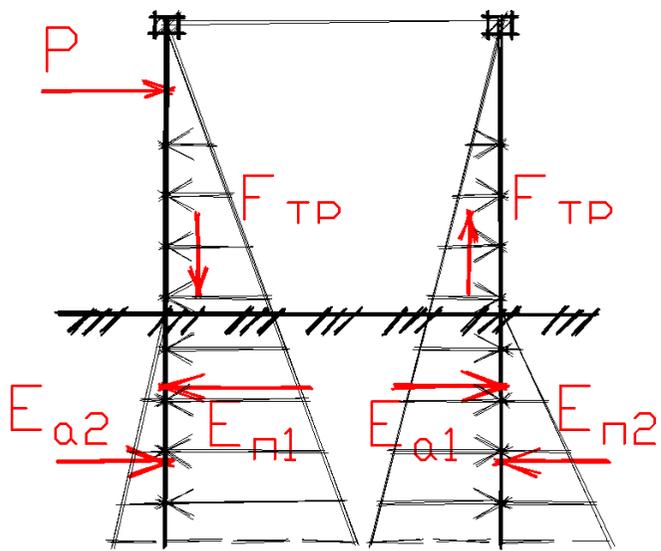


МЕТОДИКИ РАСЧЕТА УЗП

Методики, рассматривающие как активное так и пассивное давление



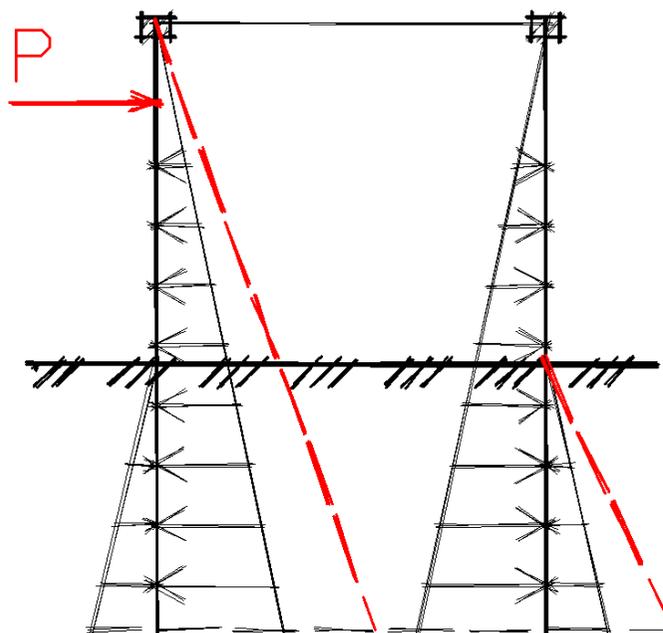
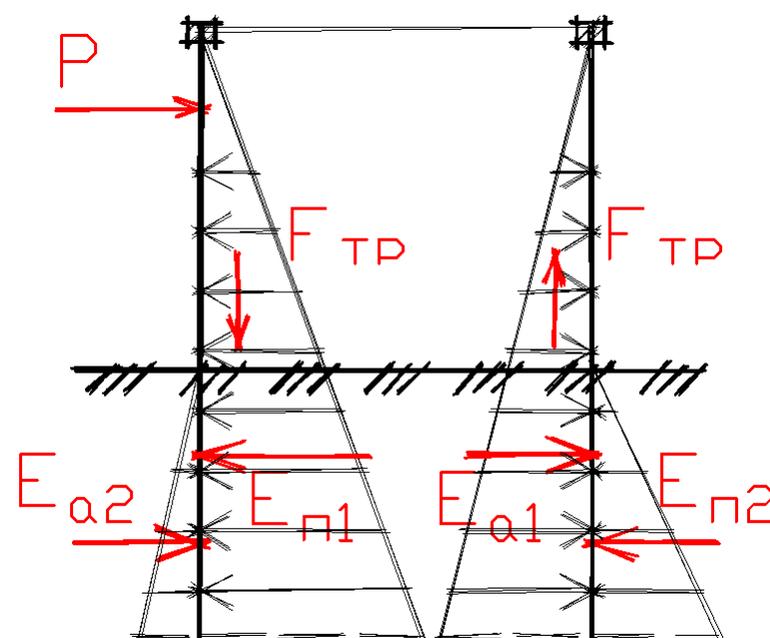
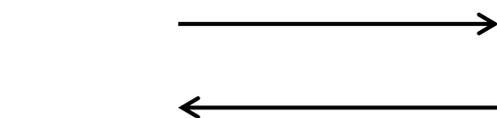
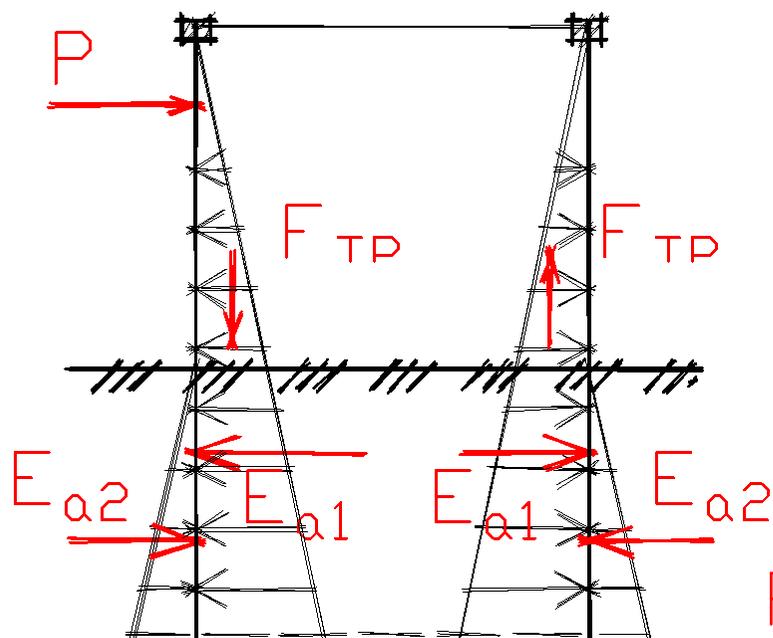
Справочник по гидротехнике
ВНИИ Водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии (ВОДГЕО)
Тип документа: Справочник
Опубликован: государственное издательство литературы по строительству и архитектуре - М., 1955 год



СН 288-64 Указания по проектированию гидротехнических сооружений, подверженных волновым воздействиям
Статус: Недействующий
Тип документа: Нормативно-технический документ
Дата начала действия: 01.04.1965
Опубликован: издательство литературы по строительству - М., 1965 год

МЕТОДИКИ РАСЧЕТА УЗП

Разночтения в методиках



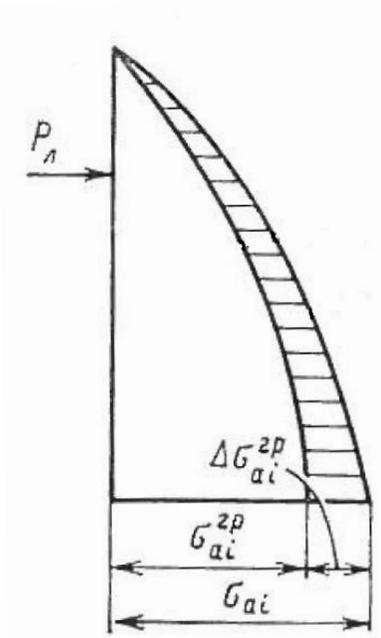
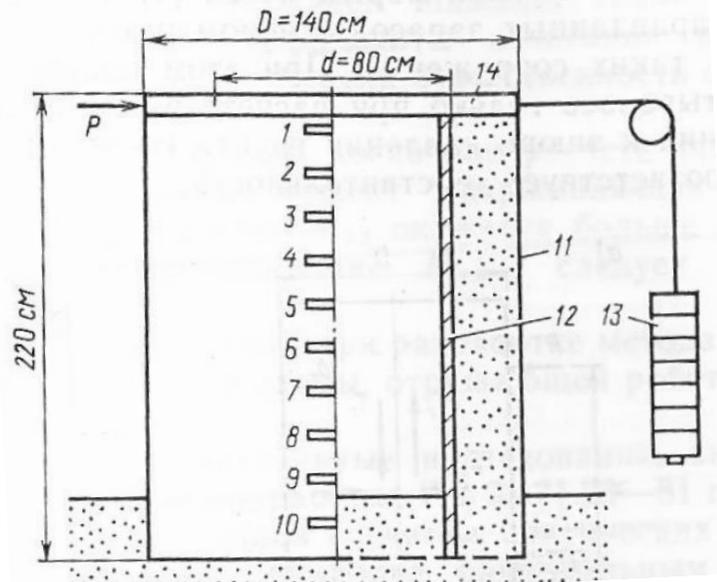
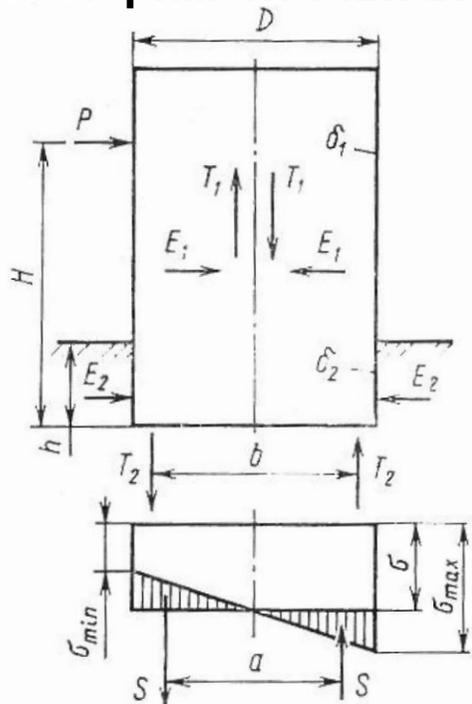
Основные различия:

- учет активного давления вместо пассивного;
- учёт силы перерывания конструкций.

Удерживающие силы могут различаться в 2 раза в зависимости от методики расчета

ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА УЗП

Экспериментальная база. Опыт Ленморниипроект



Вывод:
 Крупномодельные лабораторные исследования давления грунта на стенки с учетом горизонтальной нагрузки позволили установить основные закономерности распределения этого давления по высоте стенки, из которых следует: Горизонтальная нагрузка приложенная к верхней части пирса приводит к увеличению давления грунта по всей высоте стенки.

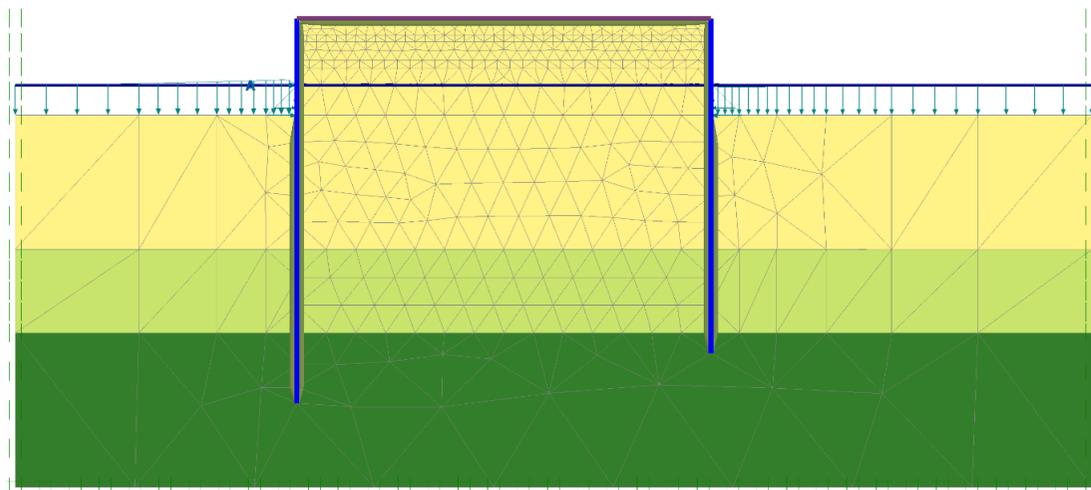
Предельное значение горизонтальной нагрузки соответствующее нарушению устойчивости грунта засыпки на сдвиг по вертикальной плоскости, приводят к увеличению давления грунта на 50-70%.

При воздействии существенной горизонтальной нагрузки на стенку, в грунте засыпки реализуется давление большее по величине чем активное давление грунта.

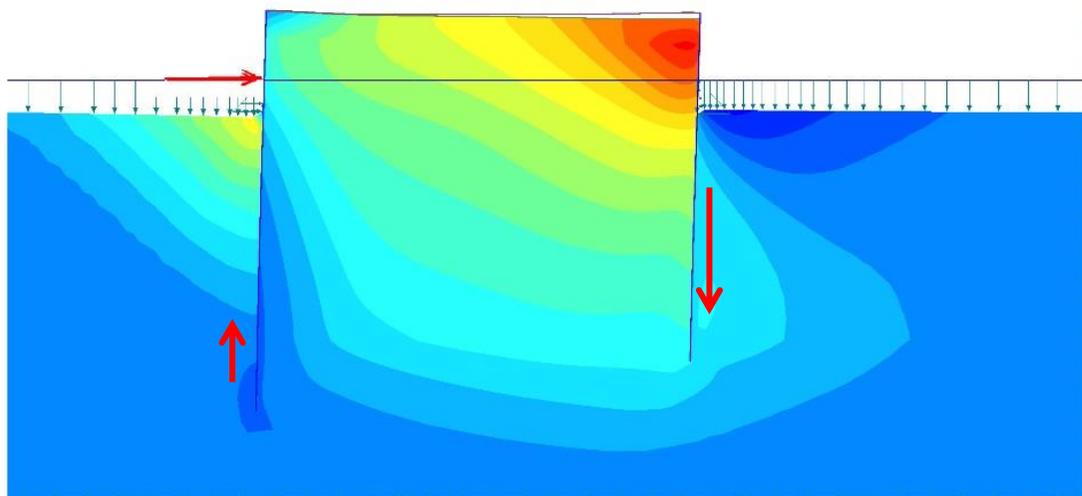
ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА УЗП

Моделирование работы конструкции методом конечных элементов

Расчетная схема в программном комплексе PLAXIS



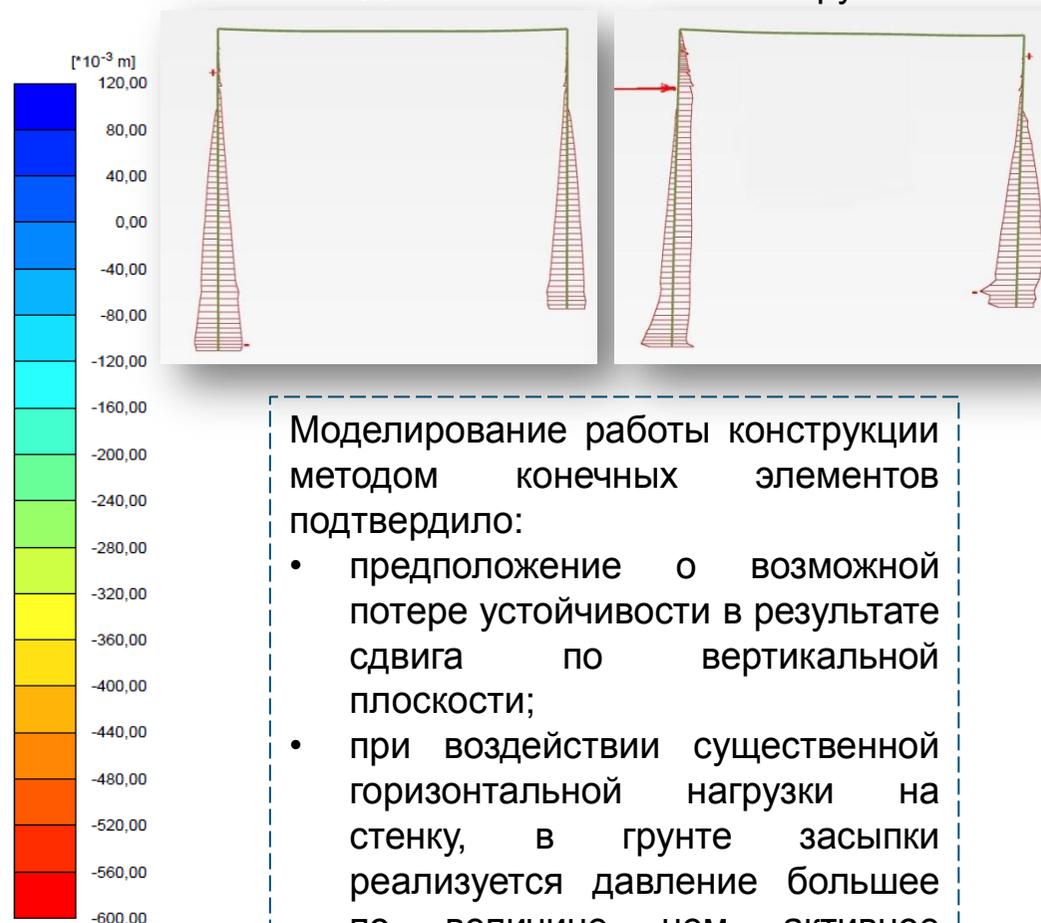
Результат моделирования. Вертикальные перемещения в схеме



Эпюры давления грунта на стенки

До приложения нагрузки

При применении нагрузки

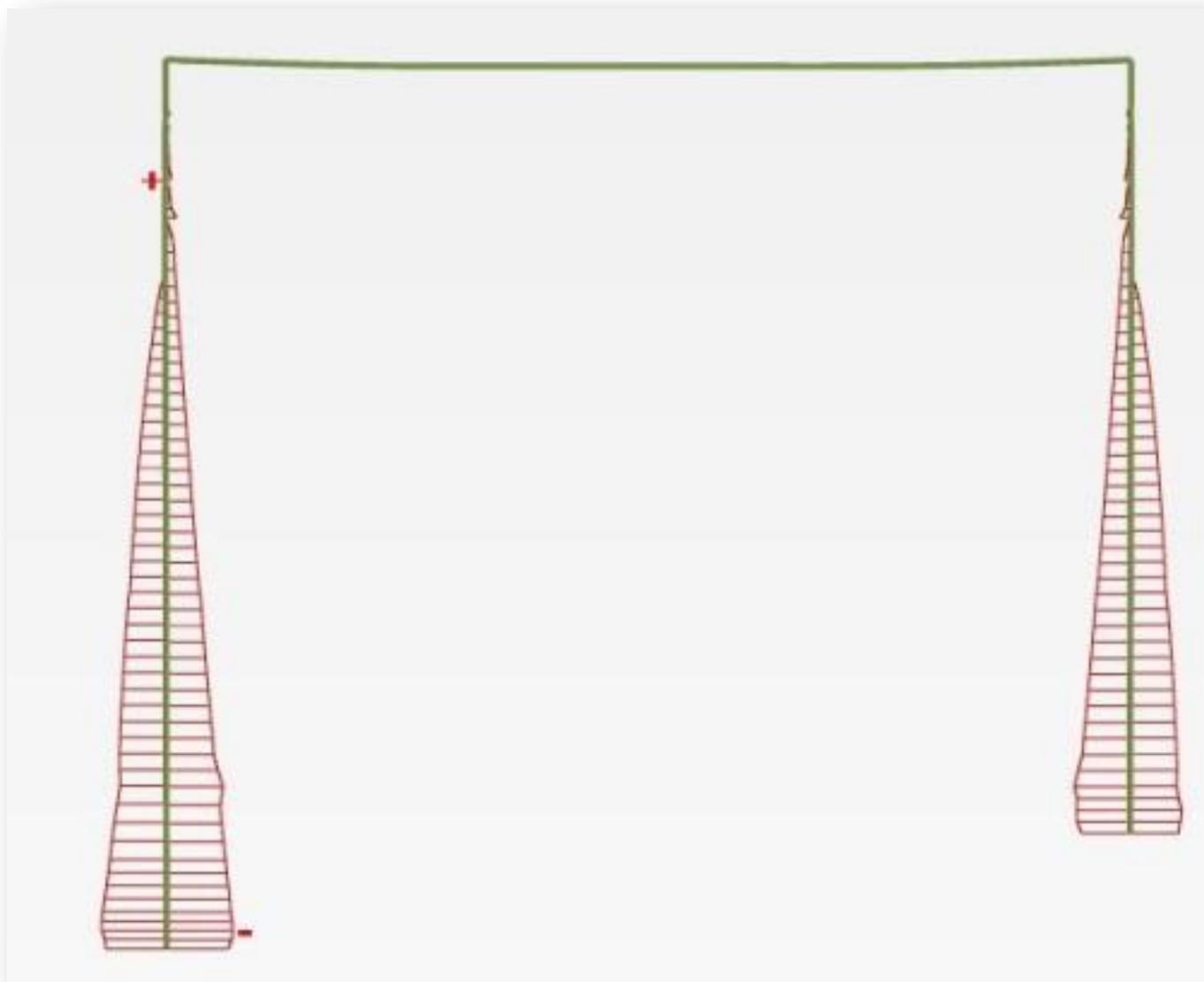


Моделирование работы конструкции методом конечных элементов подтвердило:

- предположение о возможной потере устойчивости в результате сдвига по вертикальной плоскости;
- при воздействии существенной горизонтальной нагрузки на стенку, в грунте засыпки реализуется давление большее по величине чем активное давление грунта.

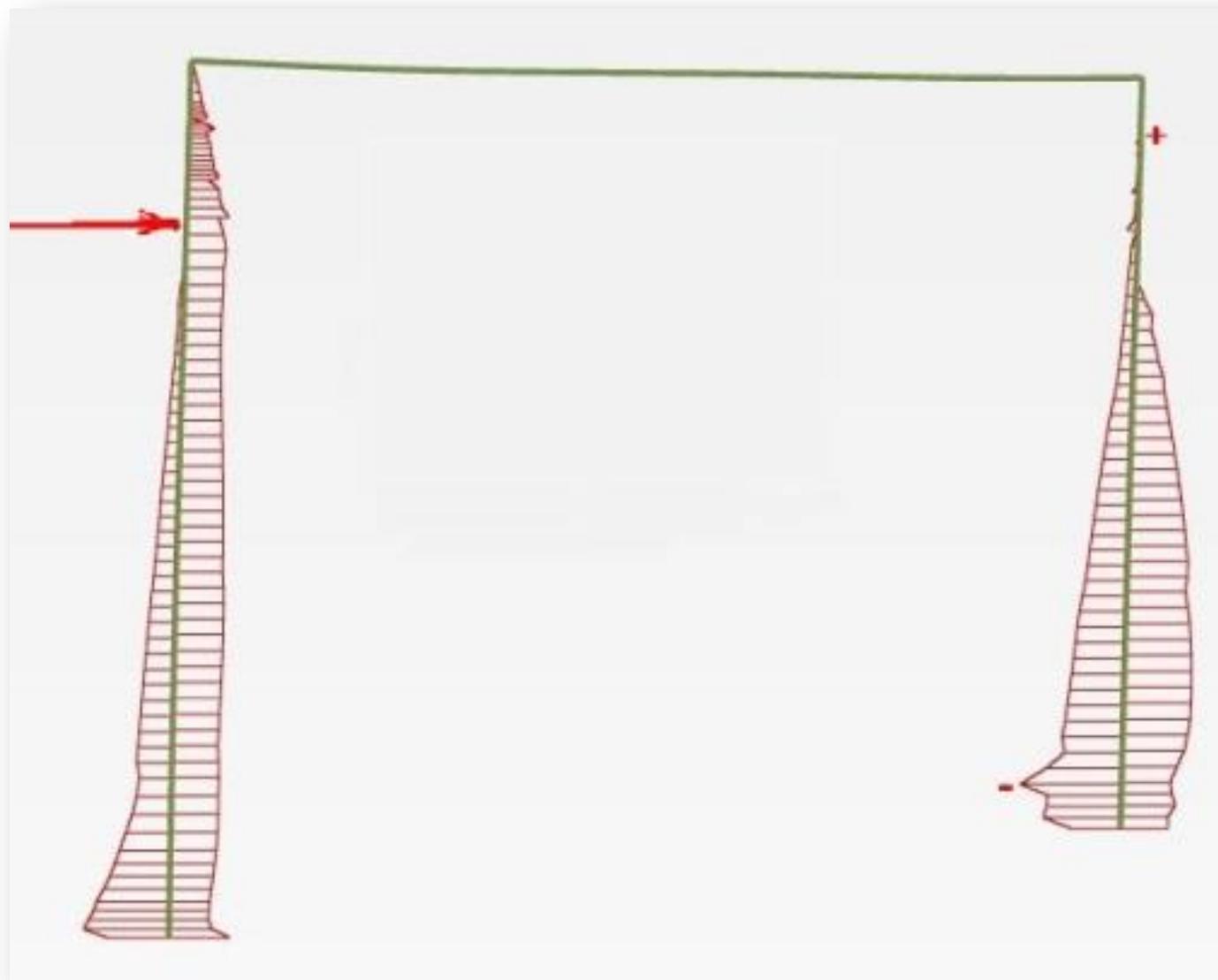
ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА УЗП

Эпюра давления грунта на стенки. До приложения нагрузки



ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА УЗП

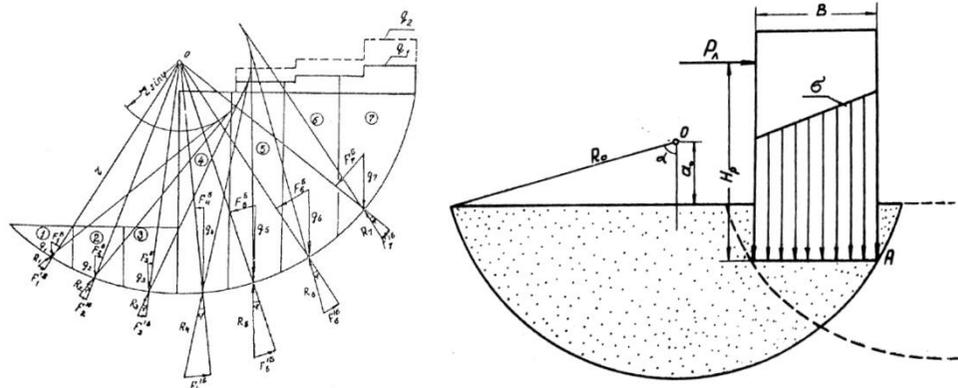
Эпюра давления грунта на стенки. При приложении нагрузки



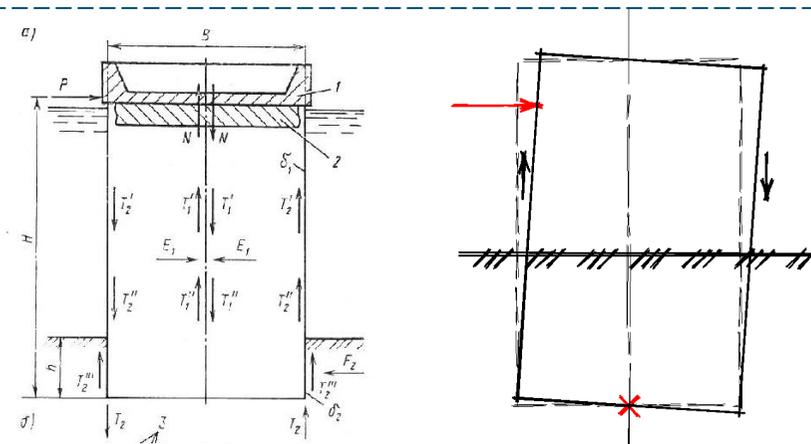
ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА УЗП

Основной алгоритм расчета УЗП

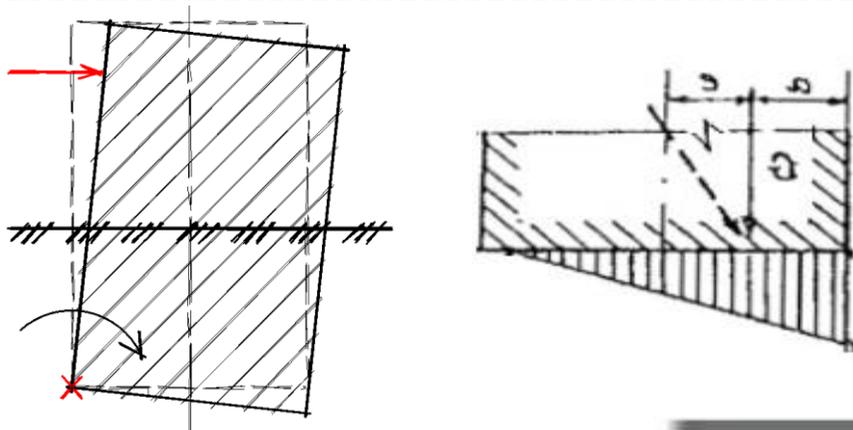
1. Расчет общей устойчивости пирса по методике для бьева.



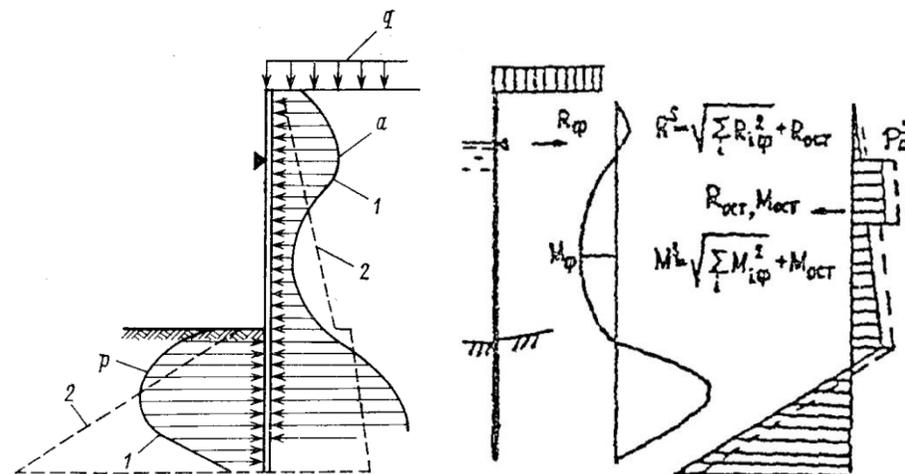
3. Расчет устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости.



2. Расчет общей устойчивости в предположении опрокидывания вокруг нижней точки передней грани сооружения (как для гравитационного).

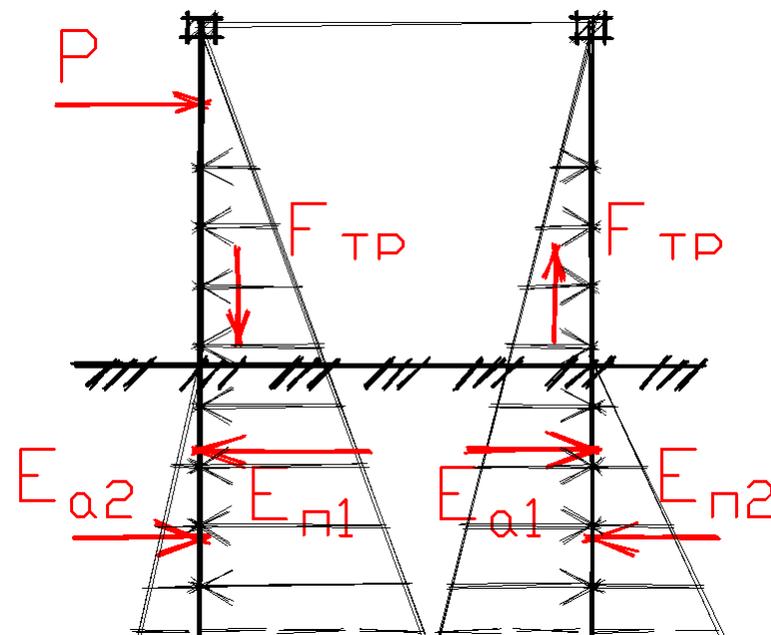
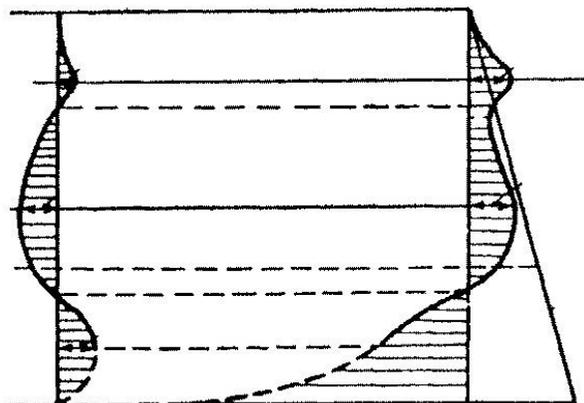
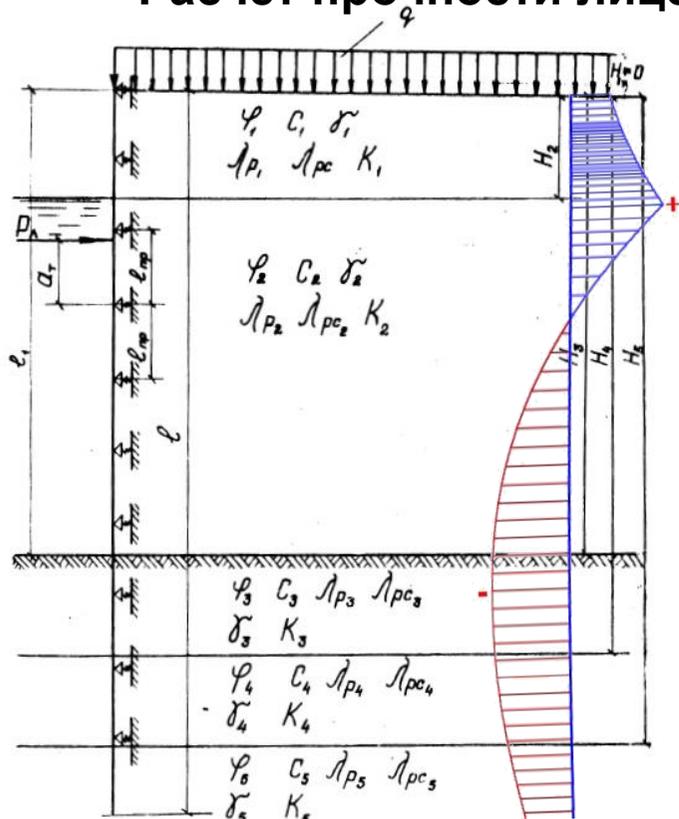


4. Расчет стенок пирса по прочности как лицевых стенок бьева.



ПРЕДЛАГАЕМАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА УЗП

Расчет прочности лицевой стенки УЗП при действии горизонтальной силы



1. Расчет лицевой стенки на действие горизонтальной силы выполнять как для балки на упругом основании с коэффициентами постели возрастающими с глубиной. При реакции в условной опоре выше чем ее несущая способность – заменить опору на силу направленную в противоположном направлении.

Коэффициенты горизонтальной составляющей давления грунта вычислять как для пассивного давления грунта

2. Расчет устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости выполнять исходя из характера давления грунта в соответствии с приведенной схемой (пассивное давление грунта со стороны засыпки на переднюю лицевую стенку)

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Выводы:

1. Действующая нормативная база в недостаточной степени освещает вопросы расчета и конструирования узких засыпных пирсов;
2. В нормативных источниках (учитывая недействующие), а также справочных пособиях и учебниках имеются противоречия, касательно вычисления давления грунта на лицевые стенки;
3. Во всех рассмотренных источниках говорится о необходимости проверки общей устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости.
4. В нормативных источниках имеются разночтения касательно необходимости учета сил перерезывания конструктивных элементов;
5. Имеется необходимость внесения корректировок в действующую нормативную базу.

Рекомендации:

1. При проектировании узких засыпных пирсов выполнять проверку устойчивости на опрокидывание вокруг нижней точки передней грани сооружения (как для гравитационного сооружения);
2. Выполнять проверку общей устойчивости на сдвиг по вертикальной плоскости для узких засыпных пирсов;
3. При наличии существенной по величине горизонтальной нагрузки на лицевую стенку пирса, давление грунта определять как пассивное;
4. Расчет лицевой стенки по прочности выполнять, представляя расчетную схему как балку на упруго-оседающих опорах, с коэффициентами постели возрастающими с глубиной (методика описана в РД 31.31.23-81).



Благодарю за внимание!

Телефон: +7 812 333 13 10

Факс: +7 812 333 13 11

e-mail: mct@morproekt.ru

www.morproekt.ru