

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»  
ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ  
Департамент строительства

«ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ»  
Директор департамента  
*Рынкoвская М.И.*

\_\_\_\_\_ (подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (ВКР)**

Направление/специальность: 08.03.01 Строительство  
(шифр и название направления подготовки/специальности)

Профиль/специализация: Строительство  
(наименование образовательной программы)

Тема ВКР: Ледозащитное сооружение. Терминал «Утренний».

Выполнил: \_\_\_\_\_ *Алисейко Максим Сергеевич*  
(подпись) (ФИО выпускника)

Группа: ИСРбд-02-17

Студенческий билет №: 1032173809

Руководитель ВКР: \_\_\_\_\_ *Кандидат технических наук,  
доцент*  
(подпись) (ученая степень, ученое звание)

Мордвинцев К.П.  
(ФИО руководителя ВКР)

Консультант: \_\_\_\_\_ *Мордвинцев К.П.*  
(при наличии) (подпись) (ФИО консультанта по ВКР)

Нормоконтроль: \_\_\_\_\_ *Мордвинцев К.П.*  
(подпись) (ФИО)

Москва  
2021 г

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»  
ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ  
Департамент строительства**

**«УТВЕРЖДАЮ»**  
Директор департамента  
*Рынковская М.И.*

\_\_\_\_\_  
(подпись)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

**ЗАДАНИЕ**

на выпускную квалификационную работу  
и календарный план по её выполнению

**Направление/специальность:** 08.03.01 Строительство  
(шифр и название направления подготовки/специальности)

**Профиль/специализация:** Строительство  
(наименование образовательной программы)

**Тема ВКР:** Ледозащитное сооружение. Терминал «Утренний».

1. Срок сдачи студентом законченной работы: 26.05.2021 г.
2. В разделах выпускной квалификационной работы необходимо изложить:
  - во «Введении» - краткую оценку современного состояния проблемы; актуальность выбранной темы; цель, задачи работы, объект и предмет исследования, теоретико-методологические основы работы.  
Срок выполнения: 30.04.2021.
  - в «Разделе 1» (теоретическая часть работы) - представление об изученности проблемы, обзор и анализ имеющихся литературных источников по изучаемой проблеме.  
Срок выполнения: 12.02.2020.
  - в «Разделе 2» - анализ особенностей объекта исследования, анализ практических аспектов проблем, рассмотренных в Разделе 1.  
Срок выполнения: 30.04.2021
  - в «Разделе 3» - практические вопросы по исследуемой проблематике, связанные с предыдущими разделами, статистические и другие данные, собранные, обработанные и обобщенные автором в процессе работы.  
Срок выполнения: 12.05.2021.
  - во «Заключении» - результаты проведенной работы, основные выводы, соответствующие поставленным задачам, рекомендации (при наличии).  
Срок выполнения: 26.05.2021
  - в «Списке литературы» - перечень использованных в работе российских и иностранных (при наличии) источников литературы (не менее 10-ти).

Срок выполнения: 26.05.2021.

- в «Приложении» - графический и наглядный материал, иллюстрации, таблицы, схемы и т.д. (материалы, необходимые для спешной презентации и защиты ВКР).

Срок выполнения: 29.05.2021.

3. Объем выпускной квалификационной работы – 50-70 страниц машинописного текста.

**Задание выдал,  
руководитель ВКР:**

*Кандидат технических наук, доцент*

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание)

26.03.2021

*Мордвинцев Константин Петрович*

(дата)

(ФИО руководителя ВКР)

**Задание принял:**

*Алисейко Максим Сергеевич*

\_\_\_\_\_  
(подпись)

(ФИО выпускника)

**Группа:**

*ИСПбд-02-17*

**Студенческий билет №:**

*1032173809*

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»  
ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ  
Департамент строительства**

**АННОТАЦИЯ**  
к выпускной квалификационной работе

на тему: *Ледозащитное сооружение. Терминал «Утренний».*

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке конструкции ледозащитного сооружения терминала сжиженного природного газа и стабильного газового конденсата «Утренний».

Выпускная Квалификационная работа содержит архитектурную часть, техническую часть, расчётно-конструктивную часть, а также описание некоторых технологических процессов. Проект разработан в полном соответствии с заданием на дипломное проектирование и отвечает требованиям действующих норм и правил на строительство зданий и сооружений.

Выпускная квалификационная работа выполнена на 12 листах графической части и 105 листах расчетно-пояснительной записки.

Для оформления пояснительной записки использовались программы Word, Excel, AutoCAD, SCAD, Арбат. Графическая часть выполнена при помощи программы AutoCAD.

**Автор работы:** \_\_\_\_\_ Алисейко Максим Сергевич  
(подпись) (ФИО выпускника)

**Группа:** \_\_\_\_\_ ИСРбд-02-17  
**Студенческий билет №:** \_\_\_\_\_ 1032173809

**Руководитель ВКР:** \_\_\_\_\_ Кандидат технических наук,  
(подпись) доцент  
(ученая степень, ученое звание)  
Мордвинцев Константин  
Петрович  
(ФИО руководителя ВКР)





# СПРАВКА

## о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

### Проверка выполнена в системе Антиплагиат.Структура

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Автор работы            | <b>Алисейко Максим Сергеевич</b>   |
| Подразделение           | Инженерная академия. Департамент строительства.  |
| Тип работы              | Выпускная квалификационная работа  |
| Название работы         | Выпускная квалификационная работа  |
| Название файла          | ВКР (с заключением) - копия.pdf  |
| Процент заимствования   | <b>12.54 %</b>   |
| Процент самоцитирования | <b>0.00 %</b>  |
| Процент цитирования     | <b>6.62 %</b>  |
| Процент оригинальности  | <b>80.84 %</b>   |
| Дата проверки           | <b>16:27:48 30 мая 2021г.</b>  |
| Модули поиска           | Модуль поиска ИПС "Адилет"; Модуль выделения библиографических записей; Сводная коллекция ЭБС; Модуль поиска "Интернет Плюс"; Коллекция РГБ; Цитирование; Модуль поиска переводных заимствований; Модуль поиска переводных заимствований по elibrary (EnRu); Модуль поиска переводных заимствований по интернет (EnRu); Коллекция eLIBRARY.RU; Коллекция ГАРАНТ; Коллекция Медицина; Диссертации и авторефераты НББ; Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU; Модуль поиска перефразирований Интернет; Коллекция Патенты; Модуль поиска "rudn"; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Кольцо вузов |
| Работу проверил         | <b>Мордвинцев Константин Петрович</b><br>ФИО проверяющего  |
| Дата подписи            | <div style="display: flex; justify-content: space-between;"><div style="width: 60%;"></div><div style="width: 35%; text-align: right;">Подпись проверяющего</div></div>  |

Чтобы убедиться в подлинности справки, используйте QR-код, который содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»  
ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ  
Департамент строительства**

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Выпускная квалификационная работа студента Алисейко Максима Сергеевича группы ИСРбд-02-17, на тему «Ледозащитное сооружение. Терминал «Утренний»» в соответствии с п.8 «Правил подготовки и оформления выпускной квалификационной работы выпускника Российского университета дружбы народов» утвержденных приказом Ректора № 878 от 30.03.2016 г., прошла автоматизированный анализ в системе «Антиплагиат. РУДН», сохранена в «Личном кабинете пользователя» и загружена во внутреннее хранилище системы.

Доля авторского текста (оригинальности) в результате автоматизированной проверки составила 80,84 %.

Анализ результата автоматизированной проверки системой «Антиплагиат. РУДН» и мнение руководителя ВКР о достоверности, фактической доле оригинального текста и степени самостоятельности студента при написании работы: допустить к защите.

**Руководитель ВКР:**

\_\_\_\_\_

(подпись)

29.09.2021

(дата)

*Кандидат технических наук, доцент*

\_\_\_\_\_

(ученая степень, ученое звание)

*Мордвнцев Константин Петрович*

\_\_\_\_\_

(ФИО руководителя ВКР)

**Директор  
департамента:**

\_\_\_\_\_

(подпись)

29.09.2021

(дата)

*Рынкoвская Марина Игоревна*

\_\_\_\_\_

(ФИО)

## Содержание

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b>   | <b>3</b>  |
| <b>1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.</b>            | <b>5</b>  |
| <b>1.1 Географическое описание района строительства</b> | <b>5</b>  |
| <b>1.2 Естественные условия района строительства</b>    | <b>7</b>  |
| 1.2.1 Климатические условия                             | 7         |
| 1.2.2 Опасные гидрометеорологические явления            | 11        |
| 1.2.3 Гидрологическая характеристика                    | 12        |
| 1.2.4 Ледовые условия                                   | 15        |
| 1.2.5 Инженерно-геологические условия                   | 19        |
| 1.2.6 Сейсмичность района                               | 27        |
| <b>1.3 Постановка задачи</b>                            | <b>27</b> |
| <b>2 КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ</b>                         | <b>28</b> |
| <b>2.1 Описание генерального плана</b>                  | <b>28</b> |
| <b>2.2 Описание конструкции</b>                         | <b>29</b> |
| <b>2.3 Определение нагрузок на расчётную секцию</b>     | <b>34</b> |
| 2.3.1 Определение волновой нагрузки                     | 34        |
| 2.3.2 Определение ледовой нагрузки                      | 37        |
| <b>2.4 Определение и обоснование принятых размеров</b>  | <b>38</b> |
| <b>2.5. Конструктивный расчёт</b>                       | <b>39</b> |
| 2.5.1. Расчёт в SCAD                                    | 40        |
| 2.5.2. Результаты расчёта                               | 45        |
| <b>2.5.3. Проверка стальных сечений свай</b>            | <b>53</b> |
| <b>2.5.4 Проверка отметки низа сваи</b>                 | <b>58</b> |
| <b>2.5.5. Подбор армирования ростверка</b>              | <b>61</b> |
| <b>2.6 Требования к материалам</b>                      | <b>71</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>3 ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА</b>                                     | <b>73</b>  |
| <b>3.1 Общие данные</b>   | <b>73</b>  |
| 3.1.1 Организация строительства   | 73         |
| 3.1.2 Обеспечение строительства трудовым ресурсам                                   | 74         |
| 3.1.3 Организация доставки материалов на строительную площадку                      | 74         |
| <b>3.2 Геодезические работы</b>   | <b>75</b>  |
| <b>3.3 Технология строительства ЮОЛС</b>  | <b>76</b>  |
| 3.3.1 Технология возведения участка 1   | 77         |
| 3.3.2 Технология возведения участков 2-4  | 78         |
| 3.3.2.1 Строительство в летний период   | 78         |
| 3.3.2.2 Особенности возведения сооружения в зимний период                           | 86         |
| <b>3.4 Подбор машин</b>   | <b>90</b>  |
| 3.4.1 Гусеничные краны  | 90         |
| 3.4.2 Плавсредства  | 96         |
| <b>3.5 Продолжительность строительства расчётной секции</b>                         | <b>97</b>  |
| 3.5.1 Затраты времени на погружение свай  | 97         |
| 3.5.2 Затраты времени на погружение армокаркасов и заполнение бетоном полостей свай | 98         |
| 3.5.3 Затраты времени на монтаж несъёмной опалубки                                  | 99         |
| 3.5.4 Затраты времени на армирование ростверка                                      | 99         |
| 3.5.5 Затраты времени на бетонирование ростверка                                    | 99         |
| 3.5.6 Построение графика производства работ   | 99         |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>   | <b>102</b> |
| <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>  | <b>103</b> |

## Введение

В данном проекте рассматривается оградительное ледозащитное сооружение терминала сжиженного природного газа и стабильного газового конденсата на Салмановском месторождении. Назначение сооружения – защита терминала от ледовых воздействий.

Цели и обоснование строительства терминала «Утренний».

Строительство терминала «Утренний» входит в состав проекта «Арктик СПГ-2» - второго этапа освоения Северного Морского Пути. Планируемая мощность завода составляет 19,8 млн. т. СПГ в год. Производство СПГ в таких масштабах поможет решить ряд проблем, таких как:

1. Завершение газификации всей страны. По данным МинЭнерго доступ к газу на данный момент имеет 68% населения.
2. СПГ может быть использован как морское топливо. В виду постоянного ужесточения экологических требований этот вопрос особенно актуален, ведь продукты сгорания СПГ намного менее токсичны, чем дизельного топлива.
3. Использование СПГ в качестве моторного топлива. По прогнозам Министерства транспорта РФ, численность автотранспортных средств, которые будут использовать газомоторное топливо, будет только расти: с 144,7 тыс. единиц до 456 тыс. к 2022 г. Объем потребления СПГ железнодорожным транспортом возрастет с 6 тыс. тонн до 136,6 тыс. тонн к 2022 г.

Производимый СПГ будет транспортироваться танкерами-газовозами по Северному Морскому Пути, что и объясняет необходимость строительства отгрузочного терминала. Привычный способ транспортировки СПГ по трубопроводу является нерациональным по нескольким причинам:

1. Нагревание газопровода в процессе перекачки газа размораживает основание (вечную мерзлоту), вызывая проседания и аварии газопровода.
2. Строительство трубопровода на свайном фундаменте создаёт экологические проблемы: свайный ряд перекрывает пути миграции северных оленей в предполагаемом месте строительства.

Таким образом, транспортировка газа морским путём является оптимальным решением.

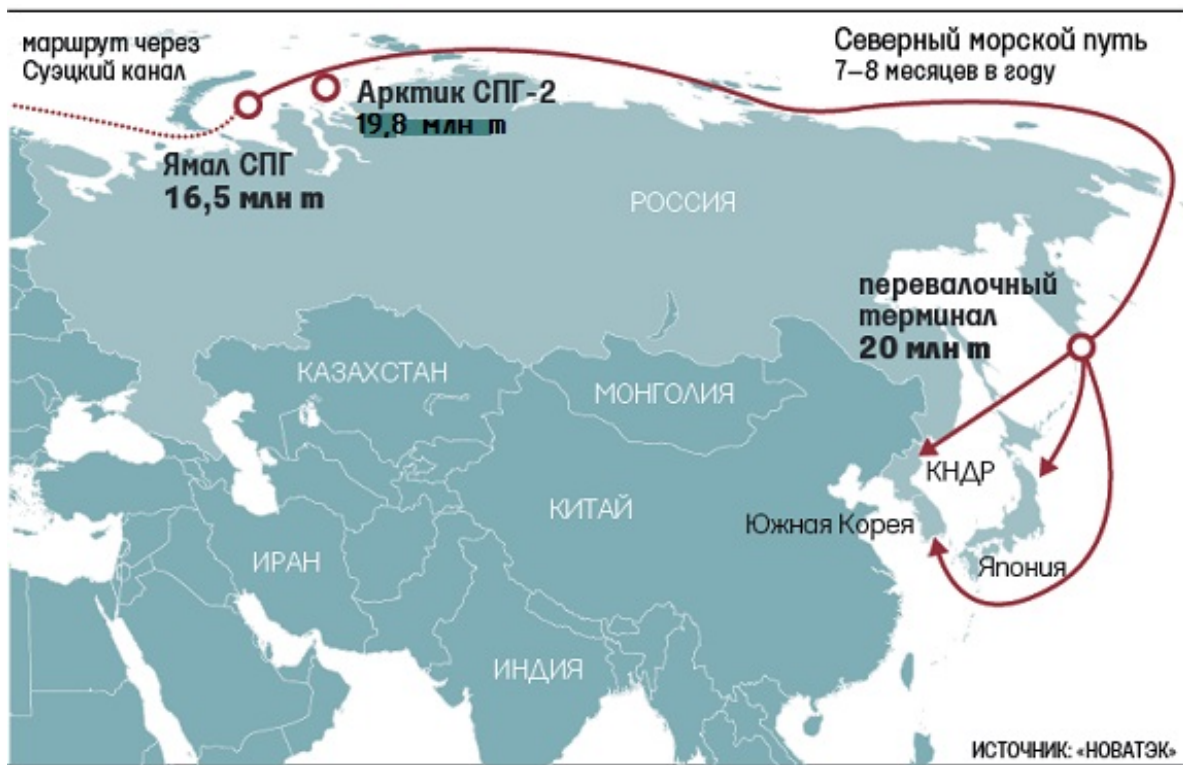


Рисунок 1 Маршрут перевозки СПГ

# **1 Исходные данные для проектирования.**

## **1.1 Географическое описание района строительства**

Территория терминала «Утренний» в географическом отношении расположена в Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа, на западном побережье Гыданского полуострова, восточный берег северной части Обской губы.

В административном отношении территория относится к Тазовскому району Ямало-Ненецкого автономного округа с центром в г. Салехарде, являющимся субъектом Российской Федерации в составе Уральского федерального округа.

Ближайшим населённым пунктом районного масштаба, расположенном на противоположном (западном) берегу Обской губы, является поселок Сабетта.

Транспортное сообщение рассматриваемого района строительства с административными центрами ЯНАО обеспечивается воздушным транспортом (круглогодично), внутренним водным транспортом по р. Обь (в период летней навигации), а также автомобильным транспортом.

Морские сооружения Терминала предполагается разместить у существующего причала для генеральных грузов и на акватории вдоль береговой линии на участке между существующим причалом и рекой Нядайпынгче, впадающей в Обскую губу.

Отметки поверхности береговой территории, прилегающей к акватории рассматриваемой площадки, изменяются от 0,000 БС м до плюс 2,000...3,000м БС на расстоянии 200...500м, по мере удаления от берега отметки рельефа вырастают.

Береговой склон характеризуется малыми уклонами дна – не более 0,5°.

Площадку береговых зданий и сооружений Терминала предусматривается разместить на обводненной, частично затапливаемой поверхности поймы Обской губы, с отметками поверхности 0,0-0,6м.

Дно акватории на рассматриваемом участке достаточно ровное, глубины медленно нарастают к центру Обской губы. Изобата 5м находится от берега на расстоянии ~ 400...500м. Далее на участке акватории шириной 5-6км глубины составляют 10...12м.

В месте расположения проектируемых участков причальной набережной естественные отметки дна составляют от минус 3,500...2,500м БС до 0,000м БС.

В районе строительства терминала расположены существующие причальные сооружения Салмановского нефтегазоконденсатного месторождения, построенные в 2016 году, предназначенные для обеспечения приёма строительных грузов и грузов снабжения (генеральные, навалочные, наливные).

В составе причальных сооружений имеются 3 грузовых причала с переходным участком для транспортной связи с берегом. Протяженность причального фронта составляет 339м, отметка кордона плюс 2,250м БС.

Отметка дна у причалов и операционной акватории составляет минус 4,800м (БС).

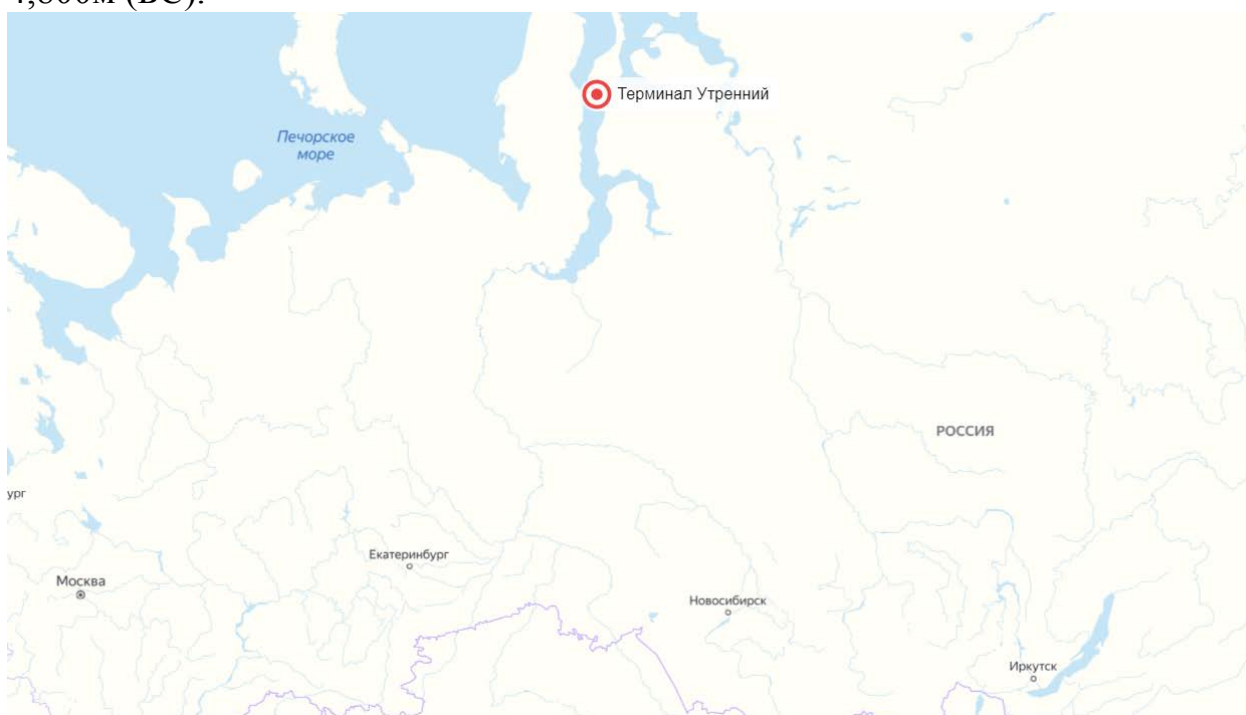


Рисунок 2 Географическое положение терминала Утренний



## 1.2 Естественные условия района строительства

### 1.2.1 Климатические условия

Данные о климатических условиях собраны с трёх гидрометеорологических станций: Тамбей, Сеяха и Тадебьяха.

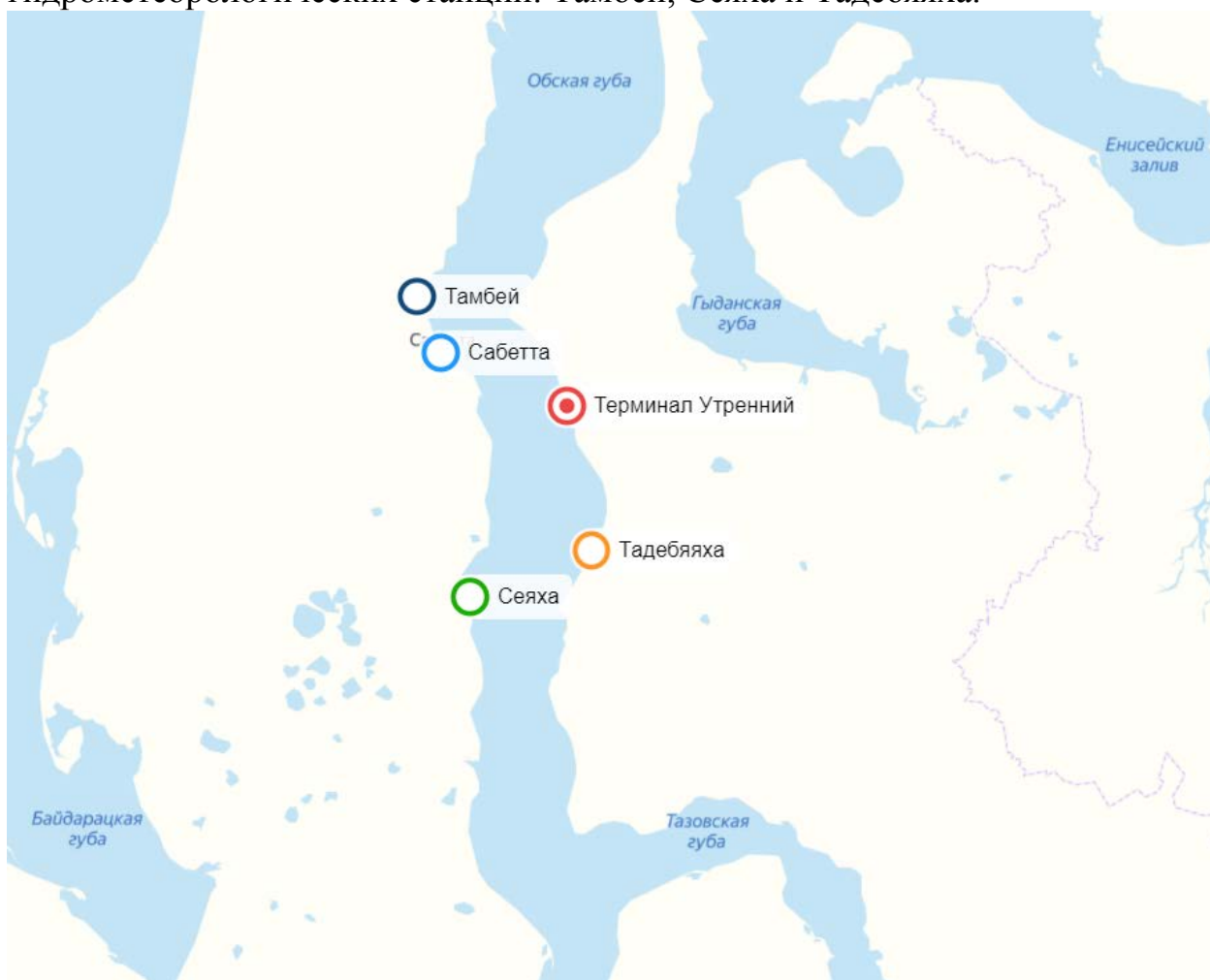


Рисунок 3 Географическое расположение ГМС

Климатический режим рассматриваемого района обусловлен географическим положением (в пределах арктического пояса, за пределами полярного круга), атмосферной циркуляцией и рельефом местности. Для климата данного района характерны: суровая продолжительная зима с длительным залеганием снежного покрова, короткие переходные сезоны - весна и осень, короткое холодное лето, поздние весенние и ранние осенние заморозки, полное отсутствие в отдельные годы безморозного периода. Климатический район для строительства согласно [1] - 1Г. Рассматриваемый район подвержен воздействию меридиональных воздушных потоков, что способствует резким переходам от тепла к холоду и наоборот. В термическом режиме можно выделить суровую продолжительную зиму, сравнительно прохладное лето и очень небольшие переходные периоды – весну и осень.

Средняя температура воздуха остается отрицательной в течение 8 месяцев (с октября по май). Она понижается от  $-5,0-7,0^{\circ}\text{C}$  в октябре до  $-25,0-27,0^{\circ}\text{C}$  в феврале, а затем увеличивается до  $-5,0-7,5^{\circ}\text{C}$  в мае. Положительные средние температуры воздуха на побережье составляют в июле-августе от 2,5 до  $9,0^{\circ}\text{C}$ . Положительные температуры воздуха в рассматриваемом районе в среднем устанавливаются в период с 1 июня по 17 июня. Среднее количество дней с температурой воздуха выше  $0^{\circ}\text{C}$  от 108 до 114 дней. Температура самой холодной пятидневки (наблюдалась в декабре 1986г.) – минус  $42,9^{\circ}\text{C}$ .

### Ветер

Ветровой район – V по [2]. Для рассматриваемого района ветры имеют хорошо выраженный муссонный характер: зимой с охлажденного материка на океан, летом – с океана на материк. Характеристики ветров приведены на рисунке 4 и в таблицах 1 и 2. Повторяемость штилей невелика и составляет 3-4 % в месяц. Повторяемость и скорость ветра приведены в таблицах ниже.

Таблица 1 Повторяемость направления ветра и штилей в % для ГМС Сеяха

| Месяц | Направление ветра |      |      |      |      |      |      |      | Штиль |
|-------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|       | С                 | СВ   | В    | ЮВ   | Ю    | ЮЗ   | З    | СЗ   |       |
| 1     | 6,3               | 6,9  | 9,3  | 15,8 | 27,1 | 14,8 | 13,7 | 6,2  | 3,2   |
| 2     | 7,6               | 9,4  | 10,3 | 12,1 | 21,7 | 14,4 | 17,4 | 7,2  | 3,5   |
| 3     | 7,9               | 8,6  | 11,2 | 14,9 | 17,1 | 14,7 | 17,0 | 8,6  | 2,1   |
| 4     | 15,3              | 11,9 | 11,4 | 8,9  | 12,9 | 11,2 | 16,6 | 11,8 | 1,4   |
| 5     | 17,4              | 15,7 | 11,4 | 9,5  | 9,4  | 9,1  | 14,9 | 12,5 | 1,3   |
| 6     | 17,2              | 18,0 | 12,2 | 10,2 | 9,8  | 7,1  | 15,1 | 10,6 | 1,8   |
| 7     | 16,0              | 22,2 | 12,1 | 11,3 | 11,0 | 6,0  | 12,6 | 8,7  | 1,4   |
| 8     | 17,9              | 20,8 | 11,9 | 8,4  | 9,7  | 7,8  | 12,8 | 10,7 | 1,4   |
| 9     | 13,1              | 10,6 | 10,7 | 9,2  | 16,9 | 12,4 | 14,0 | 13,2 | 2,3   |
| 10    | 9,3               | 7,5  | 12,7 | 10,3 | 16,9 | 14,5 | 16,4 | 12,6 | 2,1   |
| 11    | 7,8               | 8,1  | 11,5 | 12,4 | 20,5 | 14,5 | 16,3 | 8,8  | 2,8   |
| 12    | 6,7               | 7,1  | 9,2  | 14,7 | 26,1 | 14,8 | 14,9 | 6,5  | 2,2   |
| Год   | 11,9              | 12,2 | 11,2 | 11,5 | 16,6 | 11,8 | 15,1 | 9,8  | 2,1   |

Таблица 2 Средняя месячная скорость ветра (м/с) различных направлений (ГМС Сеяха)

| Месяц | Направление ветра |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|       | С                 | СВ  | В   | ЮВ  | Ю   | ЮЗ  | З   | СЗ  |
| 1     | 5,3               | 5,6 | 5,8 | 7,0 | 7,7 | 6,3 | 6,7 | 5,4 |
| 2     | 4,6               | 5,3 | 5,3 | 6,8 | 7,2 | 6,4 | 7,5 | 5,6 |
| 3     | 5,5               | 5,8 | 5,9 | 7,3 | 6,8 | 6,4 | 6,6 | 5,5 |
| 4     | 5,9               | 5,9 | 6,1 | 7,1 | 6,6 | 6,1 | 6,6 | 5,9 |
| 5     | 6,3               | 6,6 | 6,5 | 6,6 | 6,2 | 6,0 | 6,5 | 6,2 |
| 6     | 5,8               | 5,9 | 5,5 | 5,6 | 5,4 | 6,0 | 6,2 | 6,4 |
| 7     | 6,7               | 5,7 | 4,7 | 5,0 | 5,0 | 5,5 | 6,7 | 6,5 |
| 8     | 6,4               | 6,7 | 5,2 | 5,1 | 5,1 | 5,1 | 5,7 | 5,6 |
| 9     | 6,2               | 7,1 | 5,9 | 6,0 | 5,5 | 5,2 | 5,9 | 5,4 |
| 10    | 6,8               | 8,0 | 7,0 | 7,5 | 6,0 | 5,7 | 6,0 | 5,9 |
| 11    | 5,7               | 6,5 | 5,9 | 7,4 | 6,9 | 6,5 | 6,9 | 5,3 |
| 12    | 5,3               | 6,2 | 5,7 | 7,2 | 7,6 | 7,2 | 6,8 | 6,0 |

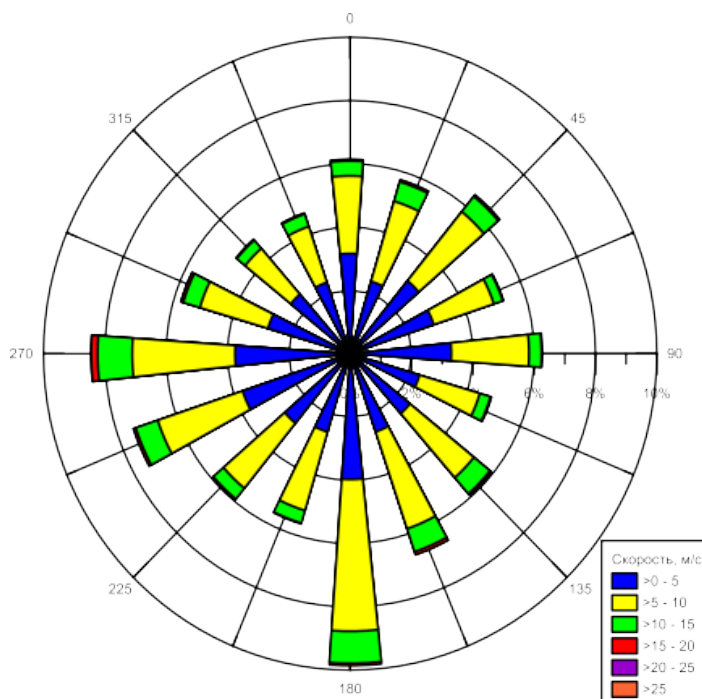


Рисунок 4 Роза ветров за весь год по данным ГМС Сеяха

Согласно [2] район проектирования расположен в V ветровом районе, для которого нормативное значение ветрового давления составляет  $60 \text{ кгс/м}^2$  ( $0,6 \text{ кПа}$ ).

## Осадки

В районе строительства выпадает от 285мм (ГМС Тамбей) до 346мм (ГМС Сеяха) осадков. Среднее количество осадков составляет 19-25мм в месяц зимой и 34-41мм летом. Летом за сутки может выпасть 40мм и более. Велика изменчивость месячных сумм осадков, особенно в летние месяцы. В период с ноября по март жидких осадков не отмечено, а твердых не наблюдалось только в июле и августе. Интенсивность осадков в исследуемом районе меняется в пределах 1,2- 3,8мм/сутки, с максимумом 4,6мм/сутки (в августе). Устойчивый снежный покров в районе залегает в среднем с 10 октября до 13 июня, число дней со снежным покровом составляет около 247. Снежный покров невысокий и очень уплотненный под влиянием сильных ветров. Средняя высота снежного покрова (по измерениям на метеоплощадке) в районе строительства в октябре равна 10-11см, постепенно увеличиваясь до 50-55см к апрелю. Расчетный суточный максимум осадков равен 5-10мм с ноября по апрель и 14-31мм с мая по октябрь. Все данные об осадках занесены в таблицы 3 и 4 ниже.

Таблица 3 Месячное количество осадков (мм) по месяцам и за год, в целом

| Станция  | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|----------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| Тамбей   | 22 | 18 | 17  | 17 | 16 | 23 | 33  | 34   | 33 | 26 | 23 | 24  | 285 |
| Тадебяха | 24 | 20 | 17  | 19 | 19 | 28 | 40  | 41   | 43 | 30 | 22 | 25  | 328 |
| Сеяха    | 27 | 22 | 23  | 23 | 21 | 26 | 38  | 37   | 42 | 36 | 28 | 33  | 346 |

Таблица 4 Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке, см (по данным ГМС Сеяха)

| Месяц   |    |    |        |    |    |         |    |    |        |    |    |         |       |      |
|---------|----|----|--------|----|----|---------|----|----|--------|----|----|---------|-------|------|
| Октябрь |    |    | Ноябрь |    |    | Декабрь |    |    | Январь |    |    | Февраль |       |      |
| 1       | 2  | 3  | 1      | 2  | 3  | 1       | 2  | 3  | 1      | 2  | 3  | 1       | 2     | 3    |
| 1       | 3  | 7  | 11     | 15 | 18 | 19      | 21 | 24 | 27     | 27 | 29 | 28      | 29    | 30   |
| Март    |    |    | Апрель |    |    | Май     |    |    | Июнь   |    |    | Ср.     | Макс. | Мин. |
| 1       | 2  | 3  | 1      | 2  | 3  | 1       | 2  | 3  | 1      | 2  | 3  |         |       |      |
| 31      | 31 | 32 | 32     | 32 | 32 | 28      | 23 | 16 | 6      | 2  | -  | 40      | 78    | 24   |

## **1.2.2 Опасные гидрометеорологические явления**

### **Туманы**

На образование и распределение туманов большое влияние оказывает близость холодного Карского моря, низкая температура и высокая относительная влажность воздуха. Туманы возможны на протяжении всего года: чаще – летом, реже – зимой. Годовое число дней с туманом лежит в пределах от 40 (ГМС Тадебьяха) до 50 (ГМС Тамбей). Для района северной части Обской губы в среднем за год продолжительность туманов находится в пределах от 279 до 302 часов.

### **Метели**

Метели наблюдаются с сентября по июнь. Нередко возникают внезапно и часто переходят в пургу. Среднегодовое число дней с метелями для рассматриваемого района составляет от 76 (ГМС Сеяха) до 80 (ГМС Тадебьяха) дней в году. Наибольшее число дней с метелью за год - 107.

### **Грозы**

Грозы в районе отмечаются достаточно редко. В среднем они наблюдаются в летние месяцы менее одного дня. Продолжительность гроз составляет от 0,04 часа в марте до 0,91 часа в июле.

### **Град**

Град в районе возникает в течение года за период с июля по сентябрь. Среднее и максимальное количество дней с градом в течение года составляет соответственно 0,2 и 2 дня.

### **Обледенение**

По району северной части Обской губы среднее число дней с гололедом составляет 0,3-1,0 с апреля по ноябрь (максимум от 7 до 10 дней в октябре). Продолжительность гололеда в среднем равна 15ч, с максимумом 70ч в октябре. По толщине стенки гололеда район – II с нормативным значением толщины стенки гололеда 5мм на высоте 10м по [2].

### **Метеорологическая дальность видимости**

Число дней с видимостью более 100м на станциях колеблется в среднем от 25 до 30 дней, наибольшая – от 25 дней в феврале до 30-31 дня во все другие месяцы. Число дней с видимостью более 10 км составляет 17-23 дня в месяц.

### 1.2.3 Гидрологическая характеристика

#### Режим уровней

Режим уровней в Обской губе в районе строительства формируется под влиянием приливных явлений, сгонно-нагонных колебаний уровня и стока рек, впадающих в Обско-Тазовскую устьевую область, в первую очередь реки Оби. Средняя величина годового уровня на посту Тадебьяха за 25 лет наблюдений составила -0,08м (БС-77) при его многолетнем изменении в пределах -0,31 ÷ +0,11м (БС-77). Наиболее высокие максимальные уровни, обусловленные суммарным воздействием нагонов, приливов и речного стока, отмечаются преимущественно в период с июня по октябрь.

Суммарные уровни по ежечасным наблюдениям:

- наивысший – плюс 1,35м БС-77 (июнь 1972г.);
- наинизший – минус 1,19м БС-77 (октябрь 1981г).

По наблюдениям 2012-2017гг. в районе Салмановского НГКМ:

- средний уровень – минус 0,20м БС-77;
- минимальный уровень – минус 1,28м БС-77;
- максимальный уровень плюс 0,82м БС-77.

Приливные колебания уровня определяют до 70-80% изменчивости суммарных колебаний. Прилив носит правильный полусуточный характер. Средняя сизигийная величина прилива в районе Салмановского НГКМ составляет 0,52м. Продолжительность сгонных и нагонных изменений уровня может достигать двух недель, средняя продолжительность 3-4 суток. Величина сгоннонагонных изменений может достигать 1м и более. Несмотря на большую повторяемость сгонно-нагонных явлений в безледный период, в ледовый период данный процесс также может приводить к существенным изменениям уровня.

#### Волнение

Из-за недостаточности рядов, полученных в результате натуральных наблюдений, определение расчётных параметров не представляется возможным. Однако, данная проблема была решена с помощью гидродинамической модели SWAN. Таким образом, расчет статистических характеристик волн проводился на основе обобщенных натуральных данных, а также по данным, полученным в результате проведенного численного моделирования на модели SWAN. Результаты представлены в таблице ниже.

Таблица 5 Повторяемость высоты волн определённых направлений за весь период навигации, %

| Направление волн, откуда | НАВИГАЦИОННЫЙ ПЕРИОД   |         |         |         |         |         |         |         |         | Сумма (%) |
|--------------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
|                          | Градации высот волн, м |         |         |         |         |         |         |         |         |           |
|                          | ≤0,5                   | 0,5-1,0 | 1,0-1,5 | 1,5-2,0 | 2,0-2,5 | 2,5-3,0 | 3,0-3,5 | 3,5-4,0 | 4,0-4,5 |           |
| С                        | 1,87                   | 3,59    | 0,81    | 0,06    | 0,03    | —       | —       | —       | —       | 6,36      |
| ССВ                      | 1,2                    | 1,78    | 0,2     | 0,01    | 0,01    | —       | —       | —       | —       | 3,2       |
| СВ                       | 0,76                   | 1,17    | 0,11    | 0,01    | —       | —       | —       | —       | —       | 2,06      |
| ВСВ                      | 0,71                   | 0,87    | 0,1     | 0,01    | —       | —       | —       | —       | —       | 1,7       |
| В                        | 0,72                   | 0,82    | 0,09    | —       | —       | —       | —       | —       | —       | 1,63      |
| ВЮВ                      | 0,59                   | 0,63    | 0,1     | 0,02    | —       | —       | —       | —       | —       | 1,34      |
| ЮВ                       | 0,69                   | 0,99    | 0,23    | 0,01    | —       | —       | —       | —       | —       | 1,92      |
| ЮЮВ                      | 1,16                   | 1,75    | 0,76    | 0,18    | 0,06    | —       | —       | —       | —       | 3,91      |
| Ю                        | 3,19                   | 3,82    | 2,44    | 0,98    | 0,28    | 0,06    | 0,01    | 0,01    | —       | 10,79     |
| ЮЮЗ                      | 4,92                   | 3,36    | 1,85    | 0,81    | 0,15    | 0,01    | —       | —       | —       | 11,11     |
| ЮЗ                       | 5,05                   | 2,01    | 1,07    | 0,39    | 0,12    | 0,01    | 0,01    | —       | —       | 8,67      |
| ЗЮЗ                      | 8,13                   | 1,46    | 0,69    | 0,24    | 0,05    | —       | 0,01    | —       | 0,01    | 10,58     |
| З                        | 4,96                   | 1,82    | 0,87    | 0,22    | 0,06    | 0,02    | —       | —       | —       | 7,96      |
| ЗСЗ                      | 3,47                   | 2,56    | 1,08    | 0,39    | 0,11    | 0,01    | 0,01    | —       | —       | 7,62      |
| СЗ                       | 5,58                   | 3,96    | 2,03    | 0,59    | 0,1     | 0,01    | 0,01    | —       | —       | 12,27     |
| ССЗ                      | 3,36                   | 3,84    | 1,31    | 0,3     | 0,08    | —       | —       | —       | —       | 8,89      |
| Сумма (%)                | 46,34                  | 34,42   | 13,75   | 4,24    | 1,05    | 0,13    | 0,04    | 0,01    | 0,01    | 100       |

Наиболее волноопасными направлениями являются Ю, ЗЮЗ и ЗСЗ.

### Штормы

Рассмотрим штормы. В таблице ниже приведены оценки штормов и окон погоды. Под штормами и окнами погоды понимаются непрерывные ситуации с волнением выше или ниже заданного уровня. Шторма и окна погоды описываются количеством случаев и длительностью в сутках: средней и максимальной длительность по месяцам и за весь год.

Таблица 6 Длительность (сутки) штормов и окон погоды для разных высот волн

| Высота волн<br>(м) | Шторма         |                      |                    | Окна погоды    |                      |                    |
|--------------------|----------------|----------------------|--------------------|----------------|----------------------|--------------------|
|                    | Кол-во случаев | Средняя длительность | Макс. длительность | Кол-во случаев | Средняя длительность | Макс. длительность |
| 0,5                | 286            | 0,94                 | 4,63               | 302            | 2,22                 | 15,38              |
| 1,0                | 62             | 0,37                 | 1,88               | 94             | 10,28                | 30,88              |
| 1,5                | 10             | 0,20                 | 0,50               | 44             | 22,70                | 30,88              |
| 2,0                | 2              | 0,10                 | 0,17               | 36             | 27,83                | 30,88              |
| 2,5                | 0              | 0,00                 | 0,00               | 35             | 28,64                | 30,88              |
| 3,0                | 0              | 0,00                 | 0,00               | 35             | 28,64                | 30,88              |
| 0,5                | 311            | 1,03                 | 7,00               | 327            | 2,12                 | 17,88              |
| 1,0                | 120            | 0,35                 | 1,88               | 155            | 6,55                 | 30,88              |
| 1,5                | 22             | 0,16                 | 0,63               | 57             | 18,80                | 30,96              |
| 2,0                | 5              | 0,14                 | 0,42               | 40             | 26,92                | 30,96              |
| 2,5                | 1              | 0,17                 | 0,17               | 37             | 29,14                | 30,96              |
| 3,0                | 1              | 0,13                 | 0,13               | 37             | 29,14                | 30,96              |
| 0,5                | 300            | 1,18                 | 7,63               | 309            | 1,88                 | 19,88              |
| 1,0                | 137            | 0,59                 | 3,38               | 169            | 5,26                 | 29,88              |
| 1,5                | 36             | 0,21                 | 1,00               | 71             | 13,85                | 29,88              |
| 2,0                | 3              | 0,26                 | 0,50               | 38             | 26,22                | 29,96              |
| 2,5                | 1              | 0,13                 | 0,13               | 36             | 27,71                | 29,96              |
| 3,0                | 0              | 0,00                 | 0,00               | 35             | 28,51                | 29,96              |
| 0,5                | 318            | 1,48                 | 8,25               | 319            | 1,36                 | 13,00              |
| 1,0                | 202            | 0,72                 | 3,75               | 229            | 3,42                 | 27,00              |
| 1,5                | 61             | 0,42                 | 1,63               | 92             | 10,15                | 30,88              |
| 2,0                | 7              | 0,21                 | 0,63               | 39             | 24,90                | 30,88              |
| 2,5                | 1              | 0,25                 | 0,25               | 33             | 29,51                | 30,88              |
| 3,0                | 0              | 0,00                 | 0,00               | 32             | 30,45                | 30,88              |
| 0,5                | 1183           | 1,2                  | 9,1                | 1194           | 2,0                  | 26,1               |
| 1,0                | 519            | 0,6                  | 3,8                | 550            | 6,7                  | 72,6               |
| 1,5                | 128            | 0,3                  | 1,6                | 163            | 24,6                 | 123,0              |
| 2,0                | 16             | 0,2                  | 0,6                | 52             | 78,1                 | 123,0              |
| 2,5                | 3              | 0,2                  | 0,3                | 39             | 104,3                | 123,0              |
| 3,0                | 1              | 0,1                  | 0,1                | 37             | 110,0                | 123,0              |

### Режим течений

Район расположения терминала характеризуется наличием реверсивного течения за счет приливно-отливных колебаний уровня воды. В поверхностном слое воды преобладают вдоль береговые течения СЗ и ЮВ румбов, в придонном – течения ЮЮВ и ССЗ румбов. Максимальная измеренная скорость течения в районе составила 116,9см/с.



#### 1.2.4 Ледовые условия

Обычно замерзание Обской губы начинается с прибрежных районов, образуя ледяные забереги, которые, разрастаясь в ширину, образуют припай, за кромкой которого наблюдается плавучий лед. Плавучий лед, смерзаясь, формирует ледяные поля, которые по истечении времени, увеличиваясь, образуют ледостав, т.е. припай от берега до берега. Ледообразование у восточного берега Обской губы опережает появление льда у западного берега.

В течение зимнего периода нарастание льда в октябре-ноябре составляет 32-40см, а в марте-апреле – всего 10-12см. Лед достигает максимальных толщин на ГМС Тадебейха в конце апреля – начале мая. Максимальная толщина льда составляет 240-250 см.

На акватории Обской губы распространены торосы. На отдельных участках торосистость может достигать 3-5 баллов.

Весеннее разрушение начинается с образования на снежно-ледяном покрове снежниц, которые, разрастаясь, образуют воду на льду. Со сходом воды со льда и образованием водяного заберега вдоль берегов начинается его разрушение с верхней поверхности. В рассматриваемом районе взлом припая по средним многолетним данным происходит в первой декаде июля. После взлома припая плавучий лед, обычно сплоченностью 9-10 баллов, имея форму полей и их обломков, начинает дрейфовать и интенсивно стаивать. В это же время вдоль восточного берега Обской губы, примыкающего к Салмановскому месторождению наблюдается дрейфующий, либо прижатый к берегу лед различной сплоченности. Амплитуда колебаний сроков очищения этого участка значительна и достигает 47 дней. Продолжительность весеннего дрейфа льда в среднем составляет 3 недели. Окончательное очищение акватории ото льда происходит, в среднем, в конце июля. Главными особенностями дрейфа льда в районе строительства является его периодичность и реверсивный характер. Периодичность дрейфа – осенний период до становления припая и весенний период от взлома до очищения акватории обусловлена сезонными проявлениями.

В осенний период движение вновь образовавшегося дрейфующего льда не представляет угрозы для гидротехнических сооружений. В период весеннего ледохода (в период взлома льда) размеры льдин доходят до десятка квадратных километров с толщиной от 1,5 до 2,5 м и более, такие льдины представляют серьезную опасность для терминала и именно от этих воздействий и призвано защитить терминал наше ледозащитное сооружение.

По данным изысканий в Обской губе в период ледохода на акватории в основном дрейфуют ледовые поля, площадью от 0,3км<sup>2</sup> до 6,5км<sup>2</sup>. Реверсивный характер дрейфа ледовых полей (за счет приливных движений)

предполагает их равнозначное воздействие, как с юга, так и с севера. В дрейфе ледяных полей после взлома припая преобладают ССЗ и ЮЮВ направления. Средний дрейф направлен на ССЗ со скоростью 7см/с. Средняя скорость дрейфа 18,6см/с, зафиксированный максимум 110,9см/с в направлении на Ю. Максимальный дрейф наблюдался при ветре 16-18м/с с СВ направления.

Рассмотрим физико-механические свойства льда в зоне терминала.

### Температура

Таблица 7 – Статистики температуры льда в период его весенне-летнего дрейфа по натурным данным (°С)

| Слой    | Мин.  | Ср.   | Макс. |
|---------|-------|-------|-------|
| Верхний | -1,28 | -0,42 | -0,05 |
| Средний | -1,15 | -0,20 | -0,03 |
| Нижний  | -0,63 | -0,20 | -0,03 |

Толщины верхнего, среднего и нижнего слоев равны 1/3 толщины льда

### Соленость льда

Соленость льда Обской губы в районе Салмановского НГКМ очень низкая – лед можно считать практически пресным. Максимальное значения солености льда менее 0,8 ‰.

### Плотность

С учетом естественной пористости природного льда, по результатам полевых испытаний рекомендуется в качестве расчетной плотности ровного льда до начала таяния использовать значение 890 кг/м<sup>3</sup>, в период таяния 870кг/м<sup>3</sup>.

### Прочностные характеристики льда

#### Сжатие

Таблица 8 Обобщенные характеристики по пределу прочности ровного льда при одноосном сжатии параллельно поверхности ледяного покрова по полевым данным

| Слой                               | Количество | Предел прочности льда при сжатии, МПа |          |         |     | Доверит. интервал 99% |
|------------------------------------|------------|---------------------------------------|----------|---------|-----|-----------------------|
|                                    |            | Минимум                               | Максимум | Средняя | СКО |                       |
| Период максимальной прочности льда |            |                                       |          |         |     |                       |

|   |    |      |      |      |      |      |
|---|----|------|------|------|------|------|
| верхний   | 4  | 2,27 | 3,08 | 2,70 | -    | -    |
| средний   | 2  | 2,20 | 3,02 | 2,61 | -    | -    |
| нижний  | 1  | 2,28 | 2,28 | -    | -    | -    |
| средняя по толщине                                | 1  | 2,32 | 2,32 | -    | -    | -    |
| Период максимального развития<br>ледяного покрова |    |      |      |      |      |      |
| верхний   | 4  | 0,38 | 4,82 | 2,79 | -    | -    |
| средний   | 3  | 0,70 | 3,13 | 2,25 | -    | -    |
| нижний  | 0  | -    | -    | -    | -    | -    |
| средняя по толщине                                | 0  | -    | -    | -    | -    | -    |
| Период таяния льда                                |    |      |      |      |      |      |
| верхний   | 3  | 0,61 | 2,41 | 1,35 | -    | -    |
| средний   | 2  | 0,51 | 2,49 | 1,50 | -    | -    |
| нижний  | 1  | 2,12 | 2,12 | -    | -    | -    |
| средняя по толщине                                | 1  | 2,34 | 2,34 | -    | -    | -    |
| Все данные  |    |      |      |      |      |      |
| верхний   | 11 | 0,38 | 4,82 | 2,36 | 1,29 | ±1,0 |
| средний   | 7  | 0,51 | 3,13 | 2,14 | 1,10 | ±1,1 |
| нижний  | 2  | 2,12 | 2,28 | 2,20 | -    | -    |
| средняя по толщине                                | 2  | 2,32 | 2,34 | 2,33 | -    | -    |

Однако, прочность льда при сжатии в разных направлениях неодинакова. В таблице ниже приведены прочностные характеристики льда при сжатии перпендикулярно поверхности (наш расчётный случай).

Таблица 9 Обобщенные характеристики по пределу прочности ровного льда при одноосном сжатии перпендикулярно поверхности ледяного покрова по полевым данным.

| Слой                               | Количество | Предел прочности льда при сжатии, МПа |          |         |      |                       |
|------------------------------------|------------|---------------------------------------|----------|---------|------|-----------------------|
|                                    |            | Минимум                               | Максимум | Средняя | СКО  | Доверит. интервал 99% |
| Период максимальной прочности льда |            |                                       |          |         |      |                       |
| верхний                            | 6          | 1,23                                  | 6,86     | 4,18    | 1,86 | ±1,96                 |
| средний                            | 5          | 2,95                                  | 5,85     | 4,47    | 1,08 | ±1,25                 |
| нижний                             | 3          | 2,10                                  | 7,00     | 3,82    | -    | -                     |
| средняя по толщине                 | 3          | 3,07                                  | 6,44     | 4,50    | -    | -                     |
| Период максимального развития      |            |                                       |          |         |      |                       |

| ледяного покрова   |    |      |      |      |      |       |
|--------------------|----|------|------|------|------|-------|
| верхний            | 15 | 1,09 | 5,94 | 2,83 | 1,49 | ±0,99 |
| средний            | 14 | 1,75 | 5,75 | 2,87 | 1,11 | ±0,77 |
| нижний             | 3  | 3,01 | 9,28 | 5,24 | -    | -     |
| средняя по толщине | 3  | 2,83 | 6,98 | 4,51 | -    | -     |
| Период таяния льда |    |      |      |      |      |       |
| верхний            | 13 | 0,57 | 3,76 | 1,71 | 0,84 | ±0,60 |
| средний            | 13 | 0,60 | 5,30 | 2,49 | 1,33 | ±0,95 |
| нижний             | 11 | 0,66 | 5,97 | 2,73 | 1,47 | ±1,14 |
| средняя по толщине | 10 | 1,34 | 4,64 | 2,52 | 1,01 | ±0,83 |
| Все данные         |    |      |      |      |      |       |
| верхний            | 34 | 0,57 | 6,86 | 2,64 | 1,59 | ±0,70 |
| средний            | 32 | 0,60 | 5,85 | 2,96 | 1,35 | ±0,61 |
| нижний             | 17 | 0,66 | 9,28 | 3,36 | 2,20 | ±1,37 |
| средняя по толщине | 16 | 1,34 | 6,98 | 3,26 | 1,63 | ±1,05 |

#### Изгиб:

Используем данные прочностей при изгибе, определённые по методике из [3], согласно которой прочность при изгибе рассчитывается на основании прочности при сжатии в нижнем слое ледяного покрова. Результаты расчёта приведены в таблице ниже.

Таблица 10 Расчетные значения предела прочности при изгибе (методика СП 38.13330.2012)

| Обеспеченность, %                              | Температура нижнего слоя (средняя по толщине слоя), °С | Предел прочности при сжатии нижнего слоя, МПа | Предел прочности ровного льда при изгибе, МПа |
|--|--|---|---|
| Период максимальной прочности льда             |  |   |   |
| 1,0  | -5,5   | 4,2±0,5                                       | 1,9   |
| 0,1  | -7,9   | 4,6±0,5                                       | 2,1   |
| Период максимального развития ледяного покрова |  |   |   |
| 1,0  | -2,8   | 3,4±0,4                                       | 1,5   |
| 0,1  | -3,3   | 3,6±0,4                                       | 1,6   |
| Период таяния                                  |  |   |   |
| 1,0  | -2,1   | 3,1±0,4                                       | 1,4   |

|                    |      |         |     |
|--------------------|------|---------|-----|
| 0,1                | -3,2 | 3,5±0,4 | 1,6 |
| Период дрейфа льда |      |         |     |
| 1,0                | -0,6 | 1,9±0,3 | 0,9 |
| 0,1                | -0,7 | 2,0±0,3 | 0,9 |

### **Адгезия льда к бетону**

Среднее значение адгезии льда к бетону по серии испытаний составило 2,23 МПа. Примем это значение за расчётное.

### **1.2.5 Инженерно-геологические условия**

К специфическим грунтам района строительства относятся слабозасоленные и многолетнемерзлые грунты. Для района характерно сплошное распространение многолетнемерзлых грунтов. Мощность многолетнемерзлых грунтов составляет от 200 до 400м, что в десятки раз превышает зону действия инженерных сооружений.

Многолетнемерзлые грунты сливающегося типа представлены песками различного состава, слабо и средnezасоленными, с единичными прослойками суглинков. Нормативная глубина сезонного оттаивания многолетнемерзлых грунтов составляет 2,03-2,05м для песков. В геологическом строении дна участка акватории дноуглубительных работ на глубину до 40,0м принимают участие современные четвертичные аллювиально-морские и верхнечетвертичные морские отложения.

Современные четвертичные и аллювиально-морские отложения распространены повсеместно, залегают с поверхности. Отложения представлены песками от пылеватого до мелкого, серыми, средней плотности, водонасыщенными, с прослоями суглинистого ила, а также илами темно-серыми до черного, суглинистыми и глинистыми, с линзами и прослоями супеси пластичной. Мощность отложений составляет от 2,1 до 20,5м.

Верхнечетвертичные и морские отложения распространены повсеместно. Отложения представлены песками пылеватыми и мелкими, серыми, плотными, водонасыщенными, с прослоями и линзами супеси пластичной и суглинка текучего, суглинками тяжелыми пылеватыми от текучепластичного до текучего, серыми и коричнеvато-серыми, с прослоями песка пылеватого и супеси пластичной, суглинками легкими пылеватыми, тугопластичными, серыми, с редкими прослоями песка пылеватого и суглинка мягкопластичного, суглинками легкими пылеватыми,

полутвердыми, серыми и коричневато-серыми, с редкими прослоями песка пылеватого. Мощность отложений составляет от 16,5 до 37,0м.

На акватории выполнения дноуглубительных работ в районе проектируемых участков причальной набережной и на подходном канале располагаются следующие грунты:

– пески мелкие однородные темно-серые и серые плотные, в редких случаях средней плотности водонасыщенные. В слое песков встречаются гравий и растительные остатки, а также обломки раковин и тонкие прослойки илов суглинистых текучих. Пески залегают в кровле, реже в подошве аллювиально-морской толщи. Мощность слоя изменяется от 0,8 до 6,5м, подошва слоя на абсолютных отметках от минус 30,8 до минус 3,8м, на глубинах 0,8-21,9м от поверхности дна;

– пески пылеватые неоднородные темно-серые и серые плотные, в отдельных случаях средней плотности водонасыщенные. В слое песков встречаются гравий и растительные остатки, а также обломки битой ракушки и тонкие, до 2-3см, прослойки илов суглинистых текучих. В пределах рассматриваемого участка грунты имеют повсеместное распространение и слагают основную часть аллювиально-морской толщи. По мере удаления от берега мощность песчаного слоя возрастает, также возрастает и количество илистых прослоев. Мощность слоя изменяется от 0,5 до 21,3м, подошва слоя на абсолютных отметках от минус 33,7 до минус 2,8м, на глубинах 0,5-26,2м от поверхности дна;

– илы суглинистые, реже глинистые, от темно-серого до коричневатого-черного цвета, тиксотропные текучие до текучепластичных. Грунты представляют собой современный аллювиально-морской осадок, обогащенный органическими остатками. Илы содержат в своем составе незначительное количество обломков ракушки и тонких прослоев песка пылеватого, насыщенного водой. В пределах «глубоководной» части площадки грунты имеют практически повсеместное распространение и залегают в средней или нижней части толщи. Мощность слоя изменяется от 0,3 до 16,7м, подошва слоя зафиксирована на абсолютных отметках от минус 36,0 до минус 3,5м, на глубинах 0,3-27,1м от поверхности дна.

Современные морские отложения представлены:

–песками мелкими, плотными, с частыми прослоями песка пылеватого, с прослоями супеси пластичной;

– супесью пластичной, пылеватой, с частыми прослоями супеси текучей;

– суглинками мягкопластичными и тугопластичными.

Общая мощность слоя современных морских отложений от 24,0 до 27,0м с отметками подошвы отложений – минус 26,000 - минус 33,000м БС-77.

В пределах верхней части разреза отмечается повсеместное распространение песков.

Нижне-среднечетвертичные отложения представлены:

- песками пылеватыми средней плотности, с прослоями супеси пластичной и текучей;
- супесью пластичной, песчанистой с частыми прослоями супеси текучей;
- суглинками мягкопластичными и тугопластичными с частыми прослоями супеси текучей и пластичной;
- суглинками полутвердыми.

Инженерно-геологические условия рассматриваемой площадки являются благоприятными для строительства гидротехнических сооружений забивного типа с использованием шпунта, свай-оболочек. При применении шпунтовых и свайных конструкций с заглублением до проектных отметок минус 30,000 - минус 54,500м несущим основанием будут служить нижне-среднечетвертичные отложения. Геологический разрез площадки существующих причалов сложен современными аллювиально-морскими отложениями, представленными песками, илами суглинистыми с прослойками песка мелкого и пылеватого, суглинка текучего, местами с примесью органических веществ.

По результатам проведенных инженерно-геологических изысканий граница вечной мерзлоты проходит на расстоянии ~ 60-80м от линии кордона существующего причала.

Геологические разрезы в зоне проектируемого сооружения

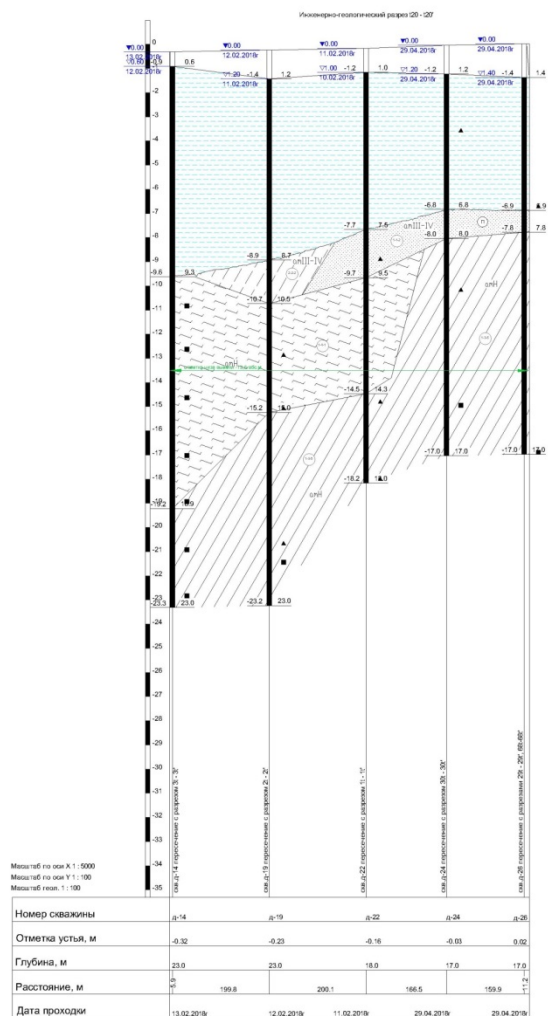


Рисунок 5 Геологический разрез

Типы инженерно-геологических элементов (ИГЭ), глубины залегания и мощности слоёв грунтов по данному разрезу представлены в таблицах ниже.

Таблица 11 Скважина Д-14

| ИГЭ   | Глубина подошвы слоя, м | Мощность слоя, м |
|-------|-------------------------|------------------|
| 2-2-2 | 10,5                    | 1,8              |
| 1-4-1 | 15,0                    | 4,5              |
| 1-3-5 | 23,0                    | 8                |

Таблица 12 Скважина Д-19

| ИГЭ   | Глубина подошвы слоя, м | Мощность слоя, м |
|-------|-------------------------|------------------|
| 2-2-2 | 9,3                     | 0,3              |
| 1-4-1 | 19,2                    | 9,6              |
| 1-3-5 | 23,0                    | 3,8              |



Таблица 13 Скважина Д-22

| ИГЭ   | Глубина подошвы слоя, м | Мощность слоя, м |
|-------|-------------------------|------------------|
| 1-1-2 | 9,5                     | 2                |
| 1-4-1 | 14,3                    | 4,8              |
| 1-3-5 | 18,0                    | 3,7              |

Таблица 14 Скважина Д-24

| ИГЭ   | Глубина подошвы слоя, м | Мощность слоя, м |
|-------|-------------------------|------------------|
| 1-1-2 | 8                       | 1,2              |
| 1-4-1 | 17,0                    | 9                |

Таблица 15 Скважина Д-26

| ИГЭ   | Глубина подошвы слоя, м | Мощность слоя, м |
|-------|-------------------------|------------------|
| 1-1-2 | 7,8                     | 0,9              |
| 1-4-1 | 17                      | 9,2              |

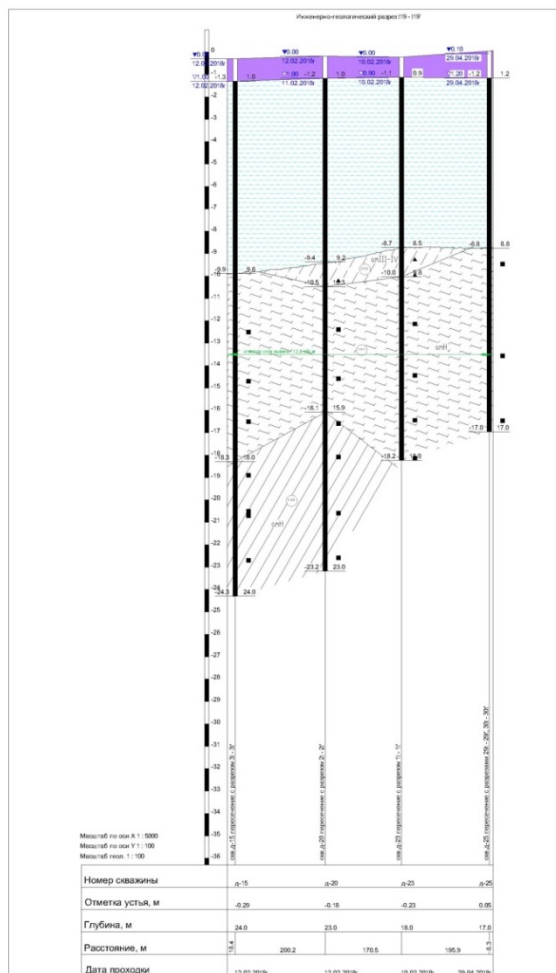


Рисунок 6 Геологический разрез

Таблица 16 Скважина Д-15

| ИГЭ   | Глубина подошвы слоя, м | Мощность слоя, м |
|-------|-------------------------|------------------|
| 1-4-1 | 18,3                    | 8,4              |
| 1-3-5 | 24,3                    | 16               |

Таблица 17 Скважина Д-20

| ИГЭ   | Глубина подошвы слоя, м | Мощность слоя, м |
|-------|-------------------------|------------------|
| 2-2-2 | 10,5                    | 1,1              |
| 1-4-1 | 16,1                    | 5,6              |
| 1-3-5 | 23,2                    | 7,1              |

Таблица 18 Скважина Д-23

| ИГЭ   | Глубина подошвы слоя, м | Мощность слоя, м |
|-------|-------------------------|------------------|
| 2-2-2 | 10                      | 1,3              |
| 1-4-1 | 18,2                    | 8,2              |

Таблица 19 Скважина Д-25

| ИГЭ   | Глубина подошвы слоя, м | Мощность слоя, м |
|-------|-------------------------|------------------|
| 1-4-1 | 17,0                    | 17,0             |

Свойства данных ИГЭ представлены в таблице ниже.

Таблица 20 Физико-механические свойства грунтов

| Наименование грунта  | Геолог. индекс | Номер ИГЭ | Плотность Г/см <sup>3</sup>                  | Показатель текучести связного грунта | Штамповый модуль деформации, МПа | Нормативные                   |                              | Расчётные                |                               |                              |                               |
|--|----------------|-----------|--|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|  |                |           | Влажного грунта<br>Расчётн.<br>$\alpha=0,95$ |                                      |                                  | УГОЛ<br>ВНУТРЕННЕГО<br>ТРЕНИЯ | Удельное<br>Сцепление<br>кПа | $\alpha = 0,85$          |                               | $\alpha = 0,85$              |                               |
|  |                |           |  |                                      |                                  |                               |                              | УГОЛ<br>ВНУТР.<br>ТРЕНИЯ | Удельное<br>Сцепление,<br>кПа | УГОЛ<br>ВНУТР.<br>ТРЕНИ<br>Я | Удельное<br>Сцепление,<br>кПа |
| Суглинок пылеватый текучий с прослоями текучепластичного с примесью органического вещества | amH            | 1-3-5     | $\frac{1,82}{1,81}$                          | 1,00                                 | 6,4                              | 9,9°                          | 9,6                          | 9,0°                     | 8,9                           | 9,4°                         | 9,2                           |
| Ил текучий   | amH            | 1-4-1     | $\frac{1,62}{1,61}$                          | 1,40                                 | 4,8                              | 7,1°                          | 8,4                          | 6,6°                     | 8,0                           | 6,8°                         | 8,2                           |
| Песок пылеватый средней плотности неоднородный, насыщенный водой                           | amIII-IV       | 1-1-2     | $\frac{1,97}{1,96}$                          | -                                    | 27,3                             | 38,0°                         | 11,7                         | 34,5°                    | 7,8                           | 38,0°                        | 11,7                          |
| Супесь текучая песчаная с примесью органического вещества                                  | amIII-IV       | 2-2-2     | $\frac{1,95}{1,92}$                          | 1,48                                 | 8,1                              | 12,9°                         | 8,0                          | 10,8°                    | 6,5                           | 11,6°                        | 7,1                           |

|                                |      |              |                     |             |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|------|--------------|---------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Суглинок пылеватый полутвёрдый | mIII | 2-3-1        | <u>2,01</u><br>2,00 | 0,12        | 25,6 | 22,0 | 29,5 | 21,2 | 28,1 | 21,5 | 28,6 |
| Суглинок пылеватый полутвёрдый | mIII | <u>2-3-2</u> | <u>1,97</u><br>1,97 | <u>0,35</u> | 18,4 | 21,3 | 24,9 | 20,7 | 24,0 | 20,9 | 24,4 |

### **1.2.6 Сейсмичность района**

В соответствии с [4] район расположения проектируемого терминала характеризуется сейсмической интенсивностью 5 баллов.

### **1.3 Постановка задачи**

В виду расположения объекта строительства в арктической зоне из-за ледовых нагрузок строительство и эксплуатация терминала невозможна без дополнительных мер. Ледовые воздействия представляют большую опасность для танкеров-газовозов. Задачей данного дипломного проекта является проектирование ледозащитного сооружения, ограждающего подходной канал и акваторию терминала.

## **2 Конструктивные решения**

### **2.1 Описание генерального плана**

Площадка строительства терминала включает в себя существующий универсальный причал для генеральных грузов. Южнее вдоль берега располагаются 6 проектируемых причалов, образуя причальную набережную. В географическом отношении причальная набережная ограничивается существующим причалом с севера и рекой Нядайпынгче с южной стороны. Подход судов со стороны Обской Губы к причалам осуществляется по углублённому подходному каналу.

С южной и северной сторон подходной канал, операционная акватория и причальная набережная ограничены двумя протяжёнными ледозащитными сооружениями – северным оградительным ледозащитным сооружением (СОЛС) и южным оградительным ледозащитным сооружением (ЮОЛС). Протяжённость СОЛС составляет 1303м, ЮОЛС – 3125м. Ледозащитные сооружения призваны защитить акваторию терминала и подходного канала от ледовых воздействий, поэтому ориентированы они согласно розе дрейфа ледяных полей (рисунок 7) так, чтобы перекрыть самые опасные направления дрейфов – ЮВ и СЗ.

В данном проекте рассмотрим южное оградительное ледозащитное сооружение. Первый участок ЮОЛС перпендикулярен берегу, далее на расстоянии 365м от береговой линии происходит поворот сооружения. За первым участком располагается прямой второй участок. В месте сопряжения второго и третьего участков опять происходит поворот сооружения, за которым следуют третий и самый длинный 4 участок.

Согласно розе дрейфа ледяных полей самый опасный с точки зрения ледовых воздействий четвёртый участок. Предпоследнюю секцию в составе этого участка возьмём за расчётную.

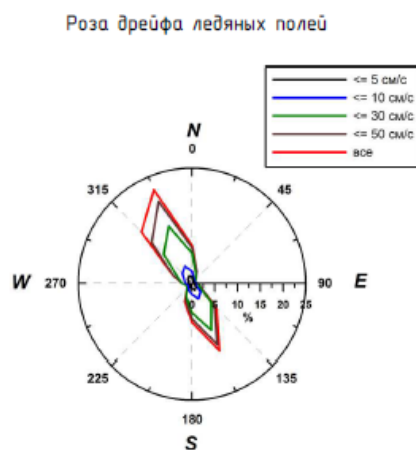


Рисунок 7 Роза дрейфа ледяных полей

## 2.2 Описание конструкции

Южное оградительное сооружение включает в себя 4 участка и представляет собой высокий свайный ростверк на участках 2-4 и взаимозаанкеренный бьеверк на участке 1.

На участках 2-4 внешняя стенка выполнена из трубошпунта диаметром 1420 мм с толщиной стенки 14 мм с продольным шагом 1590 мм. Отметка низа свай переменная от минус 18,5м до минус 40м. На расстоянии 4,0 м от внешней стенки погружается промежуточный ряд из свай диаметром 2520 мм с толщиной стенки 28 мм с продольным шагом 6,36 м. Отметка низа свай переменная от минус 30,0 м до минус 54,5 м. На расстоянии 8,0 м от внешней стенки погружается тыловой ряд наклонных труб диаметром 1420 мм с толщиной стенки 20 мм с продольным шагом 2,12 м. Сваи погружаются с наклоном 2,8 к 1. Отметка низа свай переменная от минус 32,0 до минус 54,5 (рисунок 8).

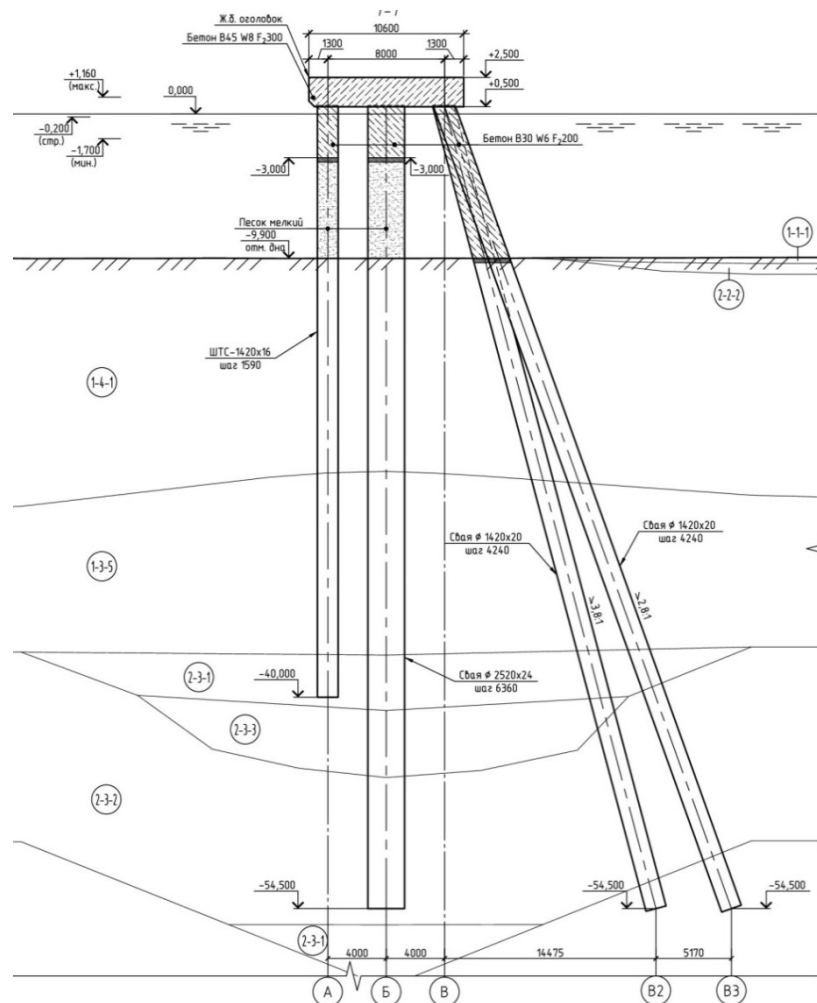


Рисунок 8 – Конструкция на участках 2-4

Трубы внешнего и промежуточного рядов заполняются песком мелким. В сваи устанавливаются арматурные каркасы и производится заполнение бетоном. Отметка низа бетонной пробки составляет минус 3,0 м. Сваи раскрепляются между собой двутавровыми балками на строительный период, также раскрепление выполняет функции несъемной опалубки для бетонирования верхнего строения. По верху свай бетонируется монолитный железобетонный ростверк толщиной 2,0 м. Отметка верха ростверка составляет +2,5 м, отметка низа составляет +0,5 м.

Конструктивно участок 1 разделен на два участка. На участке длиной 365,5 м в составе участка 1 внешние стенки выполнены из трубошпунта диаметром 1420 мм с толщиной стенки 14 мм с шагом 1,59 м. Отметка низа свай составляет минус 12,5 м (рисунок 9).



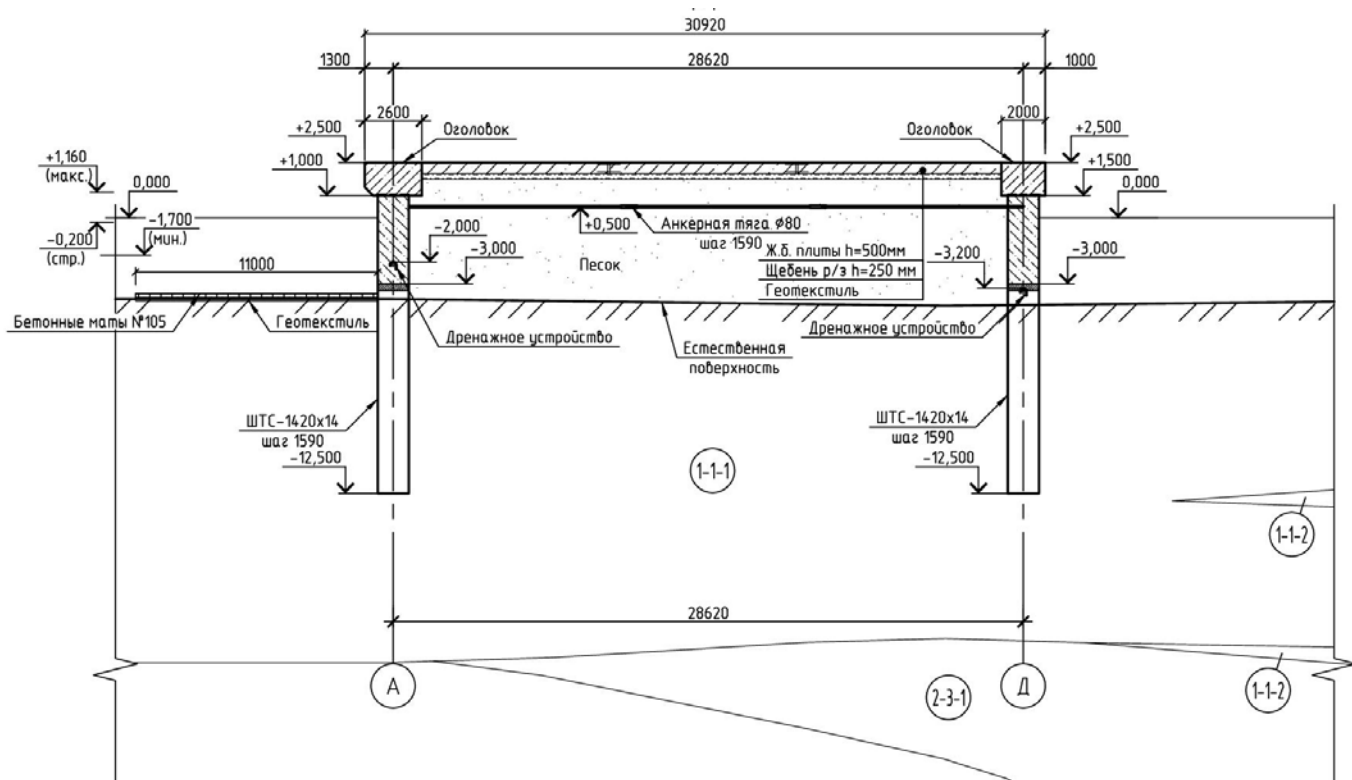


Рисунок 9 - конструкция первого типа на участке 1

В сваи устанавливаются арматурные каркасы, производится заполнение бетоном и монтируются анкерные тяги диаметром 80 мм с шагом 1590 мм. Крепление концов анкерных тяг выполнено шарнирным. Отметка низа бетонной пробки в стенках составляет минус 3,0 м. Отметка анкерных тяг +1,0 м. По верху свай бетонируется монолитный железобетонный оголовок. Тело сооружения заполняется песком средней крупности ниже уровня естественной отметки дна на 1,5 м. Выполняется покрытие из железобетонных плит толщиной 500 мм. С мористой стороны устраивается покрытие дна из бетонных матов.

На участке длиной 430 м в составе участка 1 внешние стенки выполнены из трубошпунта диаметром 1420 мм с толщиной стенки 18 мм с шагом 1,59 м. Дополнительно с внутренней стороны погружается ряд наклонных свай диаметром 1420 мм с толщиной стенки 18 мм с шагом 4,77 м, уклон составляет 1,7 к 1 (рисунок 10). Отметка низа свай составляет минус 30,0 м.

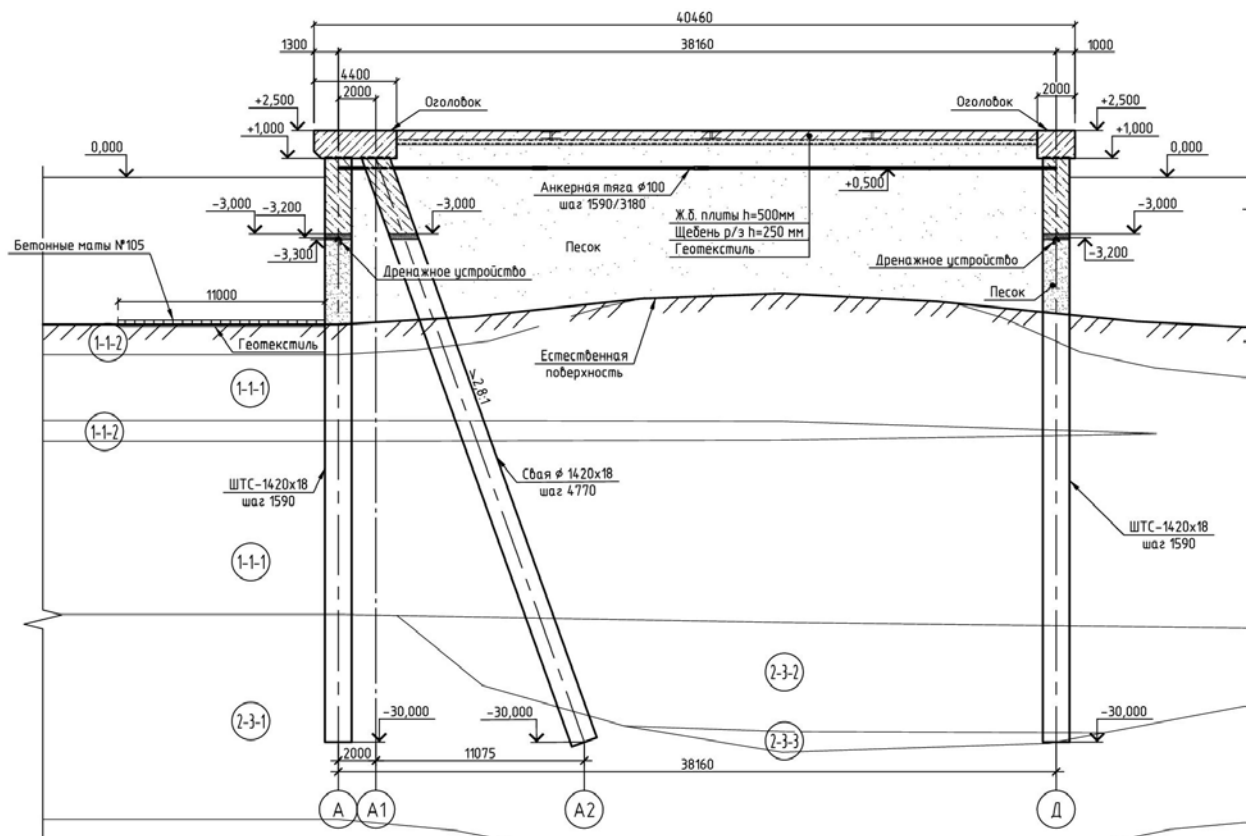


Рисунок 10- конструкция 2 типа в составе участка 1

В сваи устанавливаются арматурные каркасы, производится заполнение бетоном и монтируются анкерные тяги диаметром 100 мм с переменным шагом 1590/3180 мм. Крепление концов анкерных тяг выполнено шарнирным. Отметка низа бетонной пробки в стенках составляет минус 3,0м. Отметка анкерных тяг +1,0 м. По верху свай бетонируется монолитный железобетонный оголовок. Тело сооружения заполняется песком. Выполняется покрытие из железобетонных плит толщиной 500 мм. С мористой стороны устраивается покрытие дна из бетонных матов.

Конструкция головы в составе участка 4 представляет собой замкнутую засыпную ячейку габаритами в осях 12,72x12,72 м. Контур ячейки выполняется путем погружения трубошпунта диаметром 1420 мм с толщиной стенки 20мм с шагом 1,59м. В тело ячейки погружаются трубы диаметром 2520 мм в количестве 4-х штук с толщиной стенки 24 мм с шагом 4,77 м в продольном и поперечном направлениях. Отметка низа свай составляет минус 45,0 м. Обратная засыпка выполняется песком средней крупности до уровня естественной отметки дна. (Рисунок 11,12).

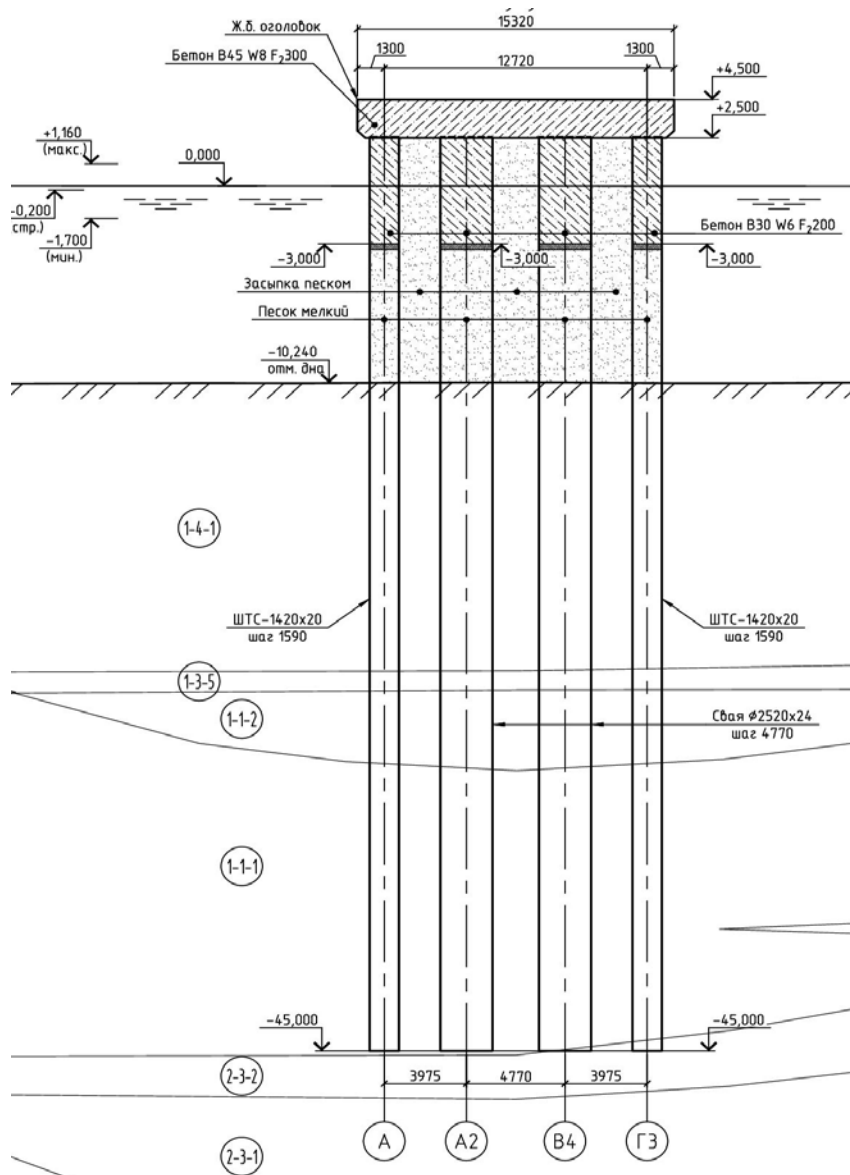


Рисунок 11 - конструкция головы (разрез)

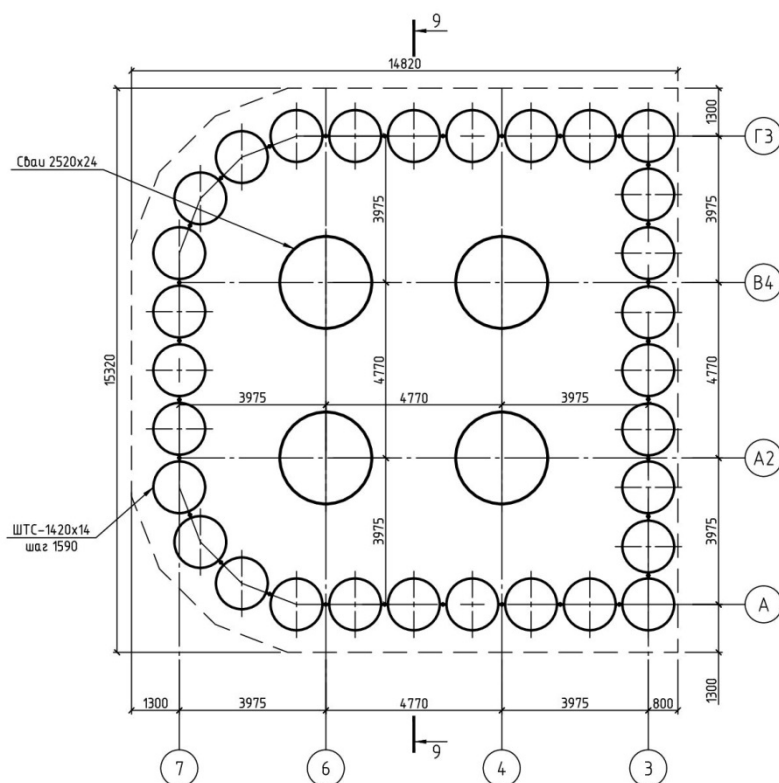


Рисунок 12 - конструкция головы (вид в плане)

Конструкции с засыпной ячейкой и без отделяются с помощью шпунта типа ларсен.

Всё сооружение делится на секции длиной 31,78м. Длина секции подчинена шагу труб шпунта ШТС 1420 так, чтобы соединение стенок шпунта совпадало с сопряжением секций. Между секциями устроены деформационные швы шириной 20мм. Конструкцию деформационного шва см. лист 9.

Расчётная секция входит в состав участка 4 и является наиболее нагруженной.

Для защиты металлических конструкций от коррозии применяется окрашивание согласно [5].

## 2.3 Определение нагрузок на расчётную секцию

### 2.3.1 Определение волновой нагрузки

При действии стоячей волны на вертикальную стену необходимо предусматривать три случая определения возвышения или понижения свободной волновой поверхности  $\eta$  м, у вертикальной стены:

- а)  $\eta_{\max} = k_{\eta 1} h^2$  - при наибольшем значении отметки волновой поверхности у стены;
- б)  $\eta_c = k_{\eta 2} h^2$  - при максимальном значении горизонтальной волновой нагрузки  $P_{xc}$ , кН/м на стену;
- в)  $\eta_t = -k_{\eta 3} h^2$  - при минимальном значении отметки волновой поверхности у стены.

Численные значения входящих коэффициентов  $k_{\eta 1}$ ,  $k_{\eta 2}$ ,  $k_{\eta 3}$  определяются по графикам рисунка Г.1 [3].

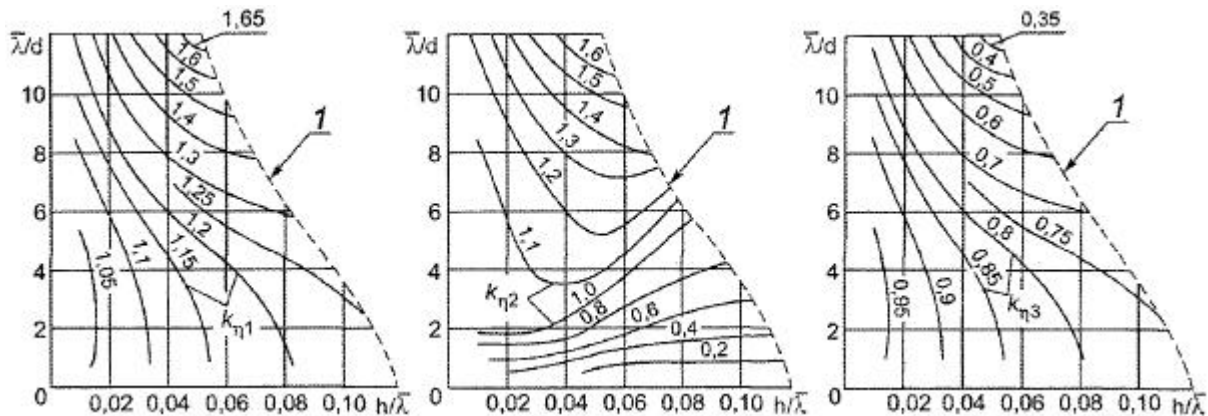


Рисунок 13 - определение коэффициентов  $k_{\eta 1}$ ,  $k_{\eta 2}$ ,  $k_{\eta 3}$

1 – Граница разрушения стоячих волн.

$k_{\eta 1}$ ,  $k_{\eta 2}$ ,  $k_{\eta 3}$  определяются по трём рисункам выше слева направо соответственно.

Расчётную глубину примем  $d=11$  м (с учётом максимального уровня).

Расчётная длина волны  $\lambda=34$  м, расчётная высота волны  $h_{1\%}=4,4$  м согласно данным натурных наблюдений.

$$\lambda/d=3,09, h/\lambda=0,13$$

Таким образом, судя по графикам, при данных параметрах стоячая волна разрушается. Уменьшим расчётную высоту волны  $h=3,6$  м. тогда

$$\lambda/d=3,09, h/\lambda=0,1$$

$$k_{\eta 1}=1,25, k_{\eta 2}=0,6, k_{\eta 3}=0,75.$$

$$\eta_{\max} = k_{\eta 1} h^2 = 4,5 \text{ м},$$

$$\eta_c = k_{\eta 2} h^2 = 2,16 \text{ м},$$

$$\eta_t = k_{\eta 3} h^2 = 2,7.$$

Определим волновую нагрузку  $P_{xc}$  согласно таблице Г1:

Таблица 21 ординаты эпюры волнового давления

| Номер точки                  | Заглубление точек $z$ , м | Значение волнового давления $p$ , кПа |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Отметка волновой поверхности |                           |                                       |
| 1                            | $\eta_c$                  | $p_1 = 0$                             |
| 2                            | 0                         | $p_2 = k_2 \rho gh$                   |
| 3                            | $0,25d$                   | $p_3 = k_3 \rho gh$                   |
| 4                            | $0,5d$                    | $p_4 = k_4 \rho gh$                   |
| 5                            | $d$                       | $p_5 = k_5 \rho gh$                   |

Т.к. сооружение свайное случай (в) при  $\eta_t = -k_{\eta 3} h$  не представляет угрозы. Случай (а) при  $\eta_{\max} = k_{\eta 1} h$  так же не представляет угрозы т.к. отметка сооружения находится ниже высоты заплеска (высота сооружения меньше, чем высота, по которой действует нагрузка).

$$k_2=0,4, k_3=0,3, k_4=0,27, k_5=0,25.$$

$$\rho gh = 1 \cdot 9,8 \cdot 3,6 = 35,28 \text{ кПа.}$$

$$p_1 = 0;$$

$$p_2 = 0,4 \cdot 35,28 = 14,11 \text{ кПа;}$$

$$p_3 = 0,3 \cdot 35,28 = 10,58 \text{ кПа;}$$

$$p_4 = 0,27 \cdot 35,28 = 9,53 \text{ кПа;}$$

$$p_5 = 0,25 \cdot 35,28 = 8,82 \text{ кПа.}$$

Строим эпюру волнового давления.

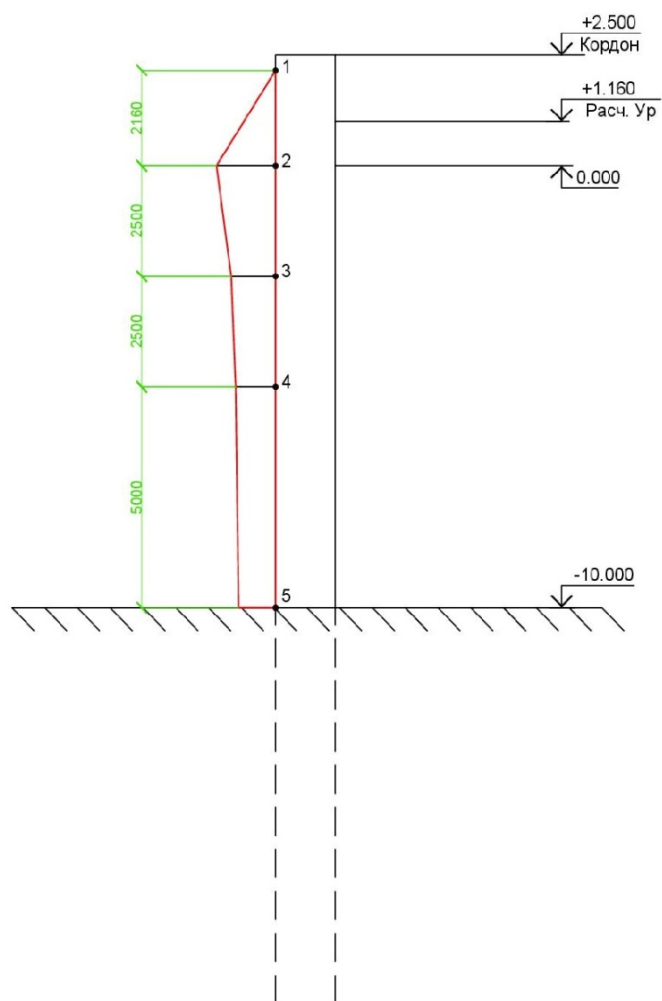


Рисунок 14 – эпюра волнового давления и схема к определению волновой нагрузки

$$P_{xc} = 117,1 \text{ кПа} = 11,94 \text{ т/м}^2.$$

### 2.3.2 Определение ледовой нагрузки

Расчет ледовой нагрузки ведем в соответствии с [3]. Исходными данными по ледовому режиму акватории являются:

- Расчетная толщина льда 0,1% обеспеченности составляет 2,06 м;
- Максимальная площадь отдельной дрейфующей льдины составляет 91,6 км<sup>2</sup>;
- Расчетная прочность ровного дрейфующего льда при сжатии составляет 1,6 МПа;
- Максимальная зафиксированная скорость дрейфа составила 128,6 см/с.

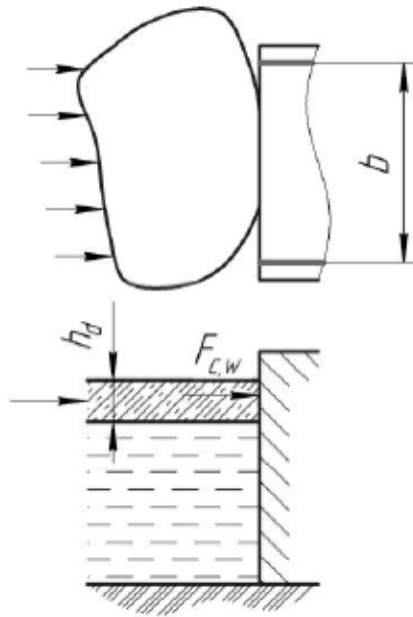


Рисунок 15 - схема приложения нагрузки от движущегося ледяного поля на секцию сооружения

Нагрузку от воздействия движущегося ледяного поля на секцию протяженного сооружения с вертикальной передней стенкой необходимо определять по формуле:

$$F_{c,w} = 2,2 \cdot 10^{-3} V h_d \sqrt{A k_V \rho R_c},$$

где  $V$  – скорость движения ледяного поля, м/с;  $h_d$  – толщина ровного льда;  $A$  – максимальная площадь ледяного поля, м<sup>2</sup>;  $k_V$  – коэффициент, принимаемый равным  $k_V = 0,3$  при  $\varepsilon_e = \frac{V}{k_l b} = \frac{1,286}{2 \cdot 60} = 0,01$ ;  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $R_c$  – предел прочности льда при сжатии, МПа.

$$F_{c,w} = 2,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1,286 \cdot 2,06 \sqrt{91600000 \cdot 0,3 \cdot 1000 \cdot 1,6} = 1220 \text{ МН}$$

При этом нагрузка  $F_{c,w}$  не может быть больше нагрузки  $F_{b,w}$ , определяемой по формуле:

$$F_{b,w} = k k_V R_c b_s h_d = 0,4 \cdot 0,3 \cdot 1,6 \cdot 60 \cdot 2,06 = 24 \text{ МН}$$

$b_s$  - протяженность контакта ледяного покрова с сооружением, м.

На погонный метр сооружения нагрузка от дрейфующего льда составит:

$$\frac{24}{60} = 0,4 \frac{\text{МН}}{\text{м}} = 400 \text{ т/м}$$

## 2.4 Определение и обоснование принятых размеров

### Определение отметки кордона



Верхняя часть гидротехнического сооружения должна располагаться выше уровня заплеска  $\eta_{\max} = 4,5$  м. Однако, для нашего сооружения заплеск волны за железобетонный ростверк не представляет угрозы т.к. сооружение не выполняет функции волнозащиты.

Железобетонный оголовок сооружения должен возвышаться над ледовым полем. Максимальная расчётная толщина льда по данным натуральных наблюдений составляет 2,06 м. Таким образом, принимаем отметку кордона +2,500.

## 2.5. Конструктивный расчёт

Для расчёта необходимо определить расчётную схему. Сооружение будем рассчитывать как пространственную раму с жёстко закреплёнными стойками (сваями). Для этого необходимо определить, на какой глубине стойки рамы можно считать закреплёнными.

Согласно [6] при расчете свай всех видов по прочности материала сваю допускается рассматривать как стержень, жестко закреплённый в грунте в сечении, расположенном от подошвы ростверка на расстоянии, определяемом по следующей формуле:

$$l_1 = l_0 + \frac{2}{\alpha_\varepsilon}$$

где  $l_0$  - длина участка сваи от подошвы высокого ростверка до уровня планировки грунта, м;

$\alpha_\varepsilon$  – коэффициент деформации, 1/м.

Определим  $\alpha_\varepsilon$ .

Согласно приложению

В [6]

$$\alpha_\varepsilon = 5 \sqrt{\frac{Kb_p}{\gamma_c EI}}$$

где  $E$  – модуль упругости материала сваи, кПа (тс/м<sup>2</sup>);

$I$  – момент инерции поперечного сечения сваи, м<sup>4</sup>;

$b_p$  – условная ширина свай, м, принимаемая равной: для свай диаметром стволов 0,8 м и более  $b_p = d + 1$ , а для остальных размеров сечений свай  $b_p = 1,5d + 0,5$ , м;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы;

$d$  – наружный диаметр круглого, или сторона квадратного, или сторона прямоугольного сечения свай в плоскости, перпендикулярной к действию нагрузки, м;

$K$  – коэффициент пропорциональности.

Имеется:

1. наружный диаметр расчётной свай  $d=2520\text{мм}$ ;
2. модуль упругости стали  $E=21 \cdot 10^6 \text{ т/м}^2$ ;
3. момент инерции свай  $I = \frac{\pi(d^4 - d_{\text{вн}}^4)}{64} = \frac{3,14(2,52^4 - 2,472^4)}{64} = 0,146496\text{м}^4$ ;
4.  $b_p = 2,52 + 1 = 3,52\text{м}$ ;
5. коэффициент условий работы  $\gamma_c=1$ ;
6. коэффициент пропорциональности  $K$  зависит от вида грунта, по таблице Д1 принимаем минимальное значение  $K=7000\text{кН/м}^4=700\text{ т/м}^4$ .

$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{700 \cdot 3,52}{1 \cdot 21 \cdot 10^6 \cdot 0,146496}} = 0,381$$

$$l_1 = l_0 + \frac{2}{\alpha_\varepsilon} = 10\text{м} + \frac{2}{0,381} = 15,25\text{м}.$$

Проанализировав формулу для  $l_1$  можно сделать вывод, что свай внешнего ряда и наклонные свай будут иметь меньшую глубину условной заделки. Таким образом, принимаем расчётную глубину условной жёсткой заделки свай на глубине 15,25м.

### 2.5.1. Расчёт в SCAD

Программа SCAD позволяет выполнять конструктивные расчёты: определять усилия от заданных загрузжений, проводить анализ устойчивости, прочности стальных и железобетонных сечений и т.д.. В основе работы программы лежит метод конечных элементов.

Расчётная схема:

За расчётное сечение принимаем 4 участок – 3 свайных ряда, соединённых железобетонным ростверком.

Имеем 3 типа свай:

1. свая внешнего ряда (в составе трубошпунта);
2. свая центрального ряда;

3. козловая свая (наклон 2,8 к 1).  
 Расстояние между рядами свай в уровне ростверка 4м. Шаг свай  
 1го ряда 1,59м, 2го ряда 6,36м, 3го ряда 2,12м.  
 Длина ж.б. ростверка равна длине секции 37,8м.

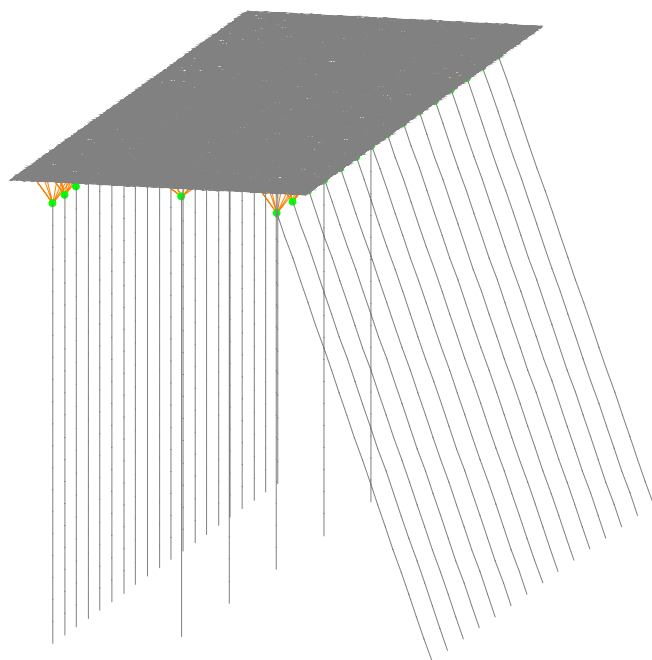


Рисунок 16 - расчётная схема, изометрическая проекция

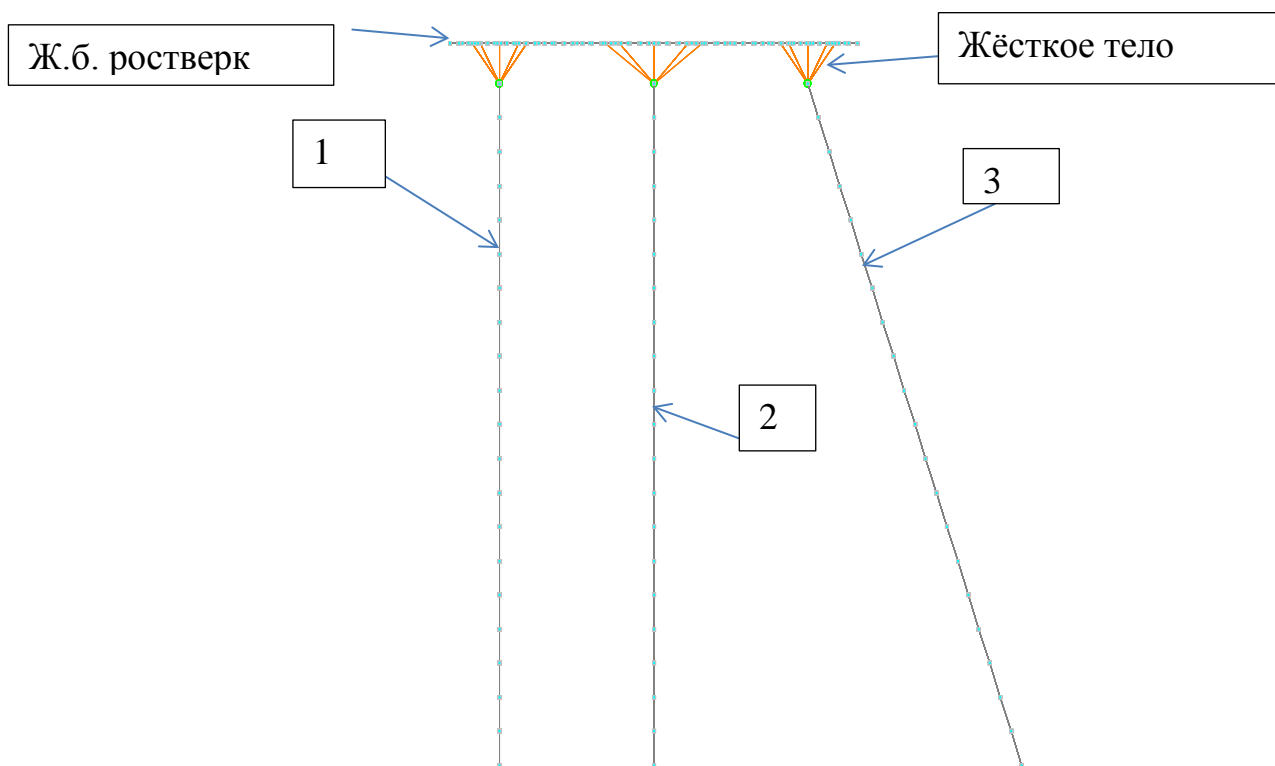


Рисунок 17 - расчётная схема, проекция на плоскость XOZ (вид спереди)

Сваи смоделированы с помощью элементов «пространственный стержень». В нижние узлы стержней наложены связи, запрещающие перемещения и повороты во всех направлениях (жёсткая заделка). Примыкание стержней к пластине задано с помощью пучков жёстких тел. Мастер-узлы жёстких тел совпадают с верхними узлами стержней, ведомые узлы распределены по периметрам свай. Ростверк задан с помощью крайних угловых точек и триангулирован прямоугольными конечными элементами оболочки. Заданы следующие жёсткости:

1. **свая внешнего ряда:** труба стальная 1420\*14, тип жёсткости 5;
2. **свая центрального ряда:** труба стальная 2520\*28 (параметрическое сечение), тип жёсткости 4;
3. **козловая свая:** 1420\*20, тип жёсткости 3;
4. **ж.б. ростверк:** пластина  $t=2\text{м}$ , бетон В45, тип жёсткости 2;
5. **жёсткое тело:** тип жёсткости 1.

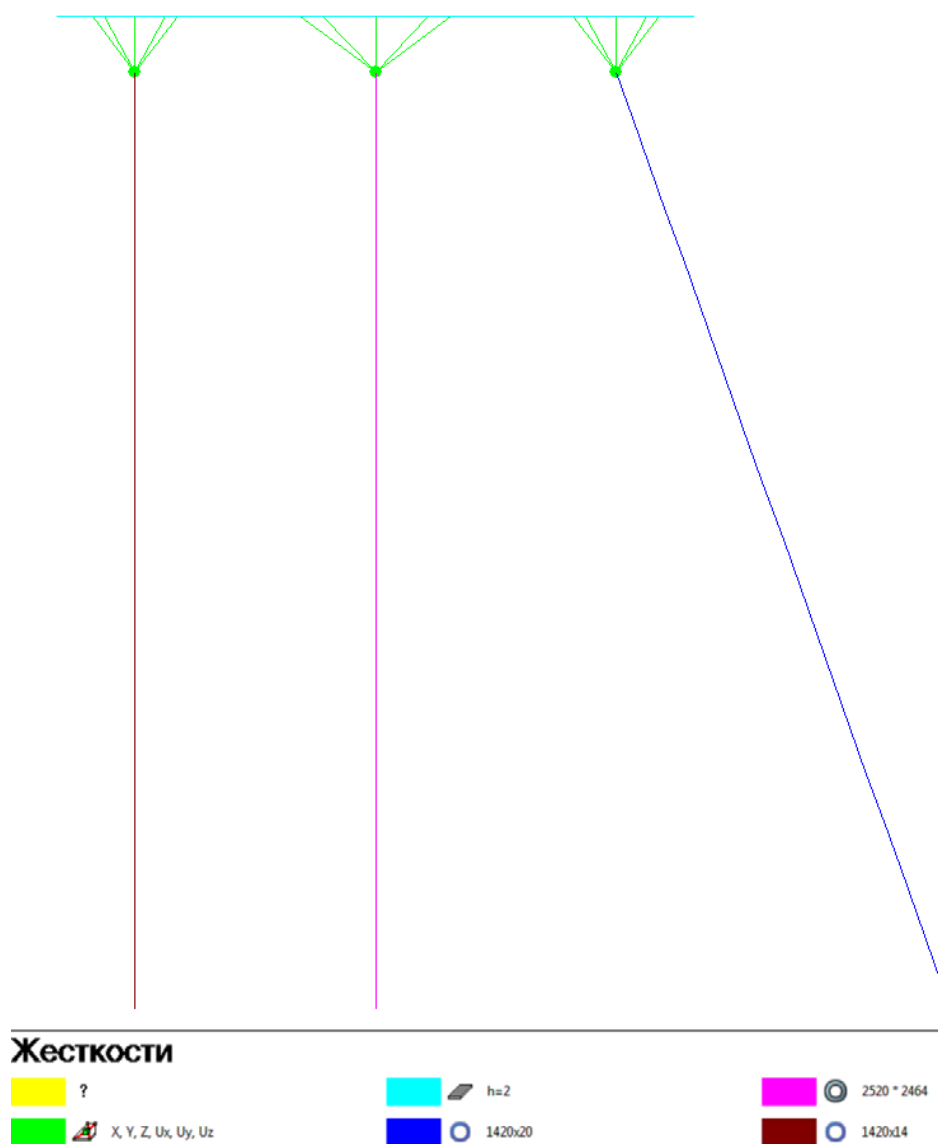


Рисунок 18 - типы жёсткостей по цветам

## Нагрузки

Сформировано 4 загрузки с одной нагрузкой в каждом загрузении.

Коэффициенты надёжности  $\gamma_f$  приняты согласно [2].

Доля длительности задана с запасом и равна 1 для всех загрузений кроме четвертого.

Таблица 22 Заданные загрузки

| № Загружения | Имя загрузки             | Значение                  | Коэффициент надёжности $\gamma_f$ | Доля длительности |
|--------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 1            | Ледовая нагрузка         | 400 т/м                   | 1,2                               | 1                 |
| 2            | Технологическая нагрузка | 2,4 т/м <sup>2</sup>      | 1,4                               | 1                 |
| 3            | Собственный вес          | Назначается автоматически | 1,05                              | 1                 |
| 4            | Снеговая нагрузка        | 0,3 т/м <sup>2</sup>      | 1,4                               | 0,3               |

Сформировано РСУ. Т.к. все 4 нагрузки могут действовать одновременно, коэффициенты сочетаний вводим равными 1.

Комбинация РСУ:  $(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1$

Схемы приложения нагрузок:

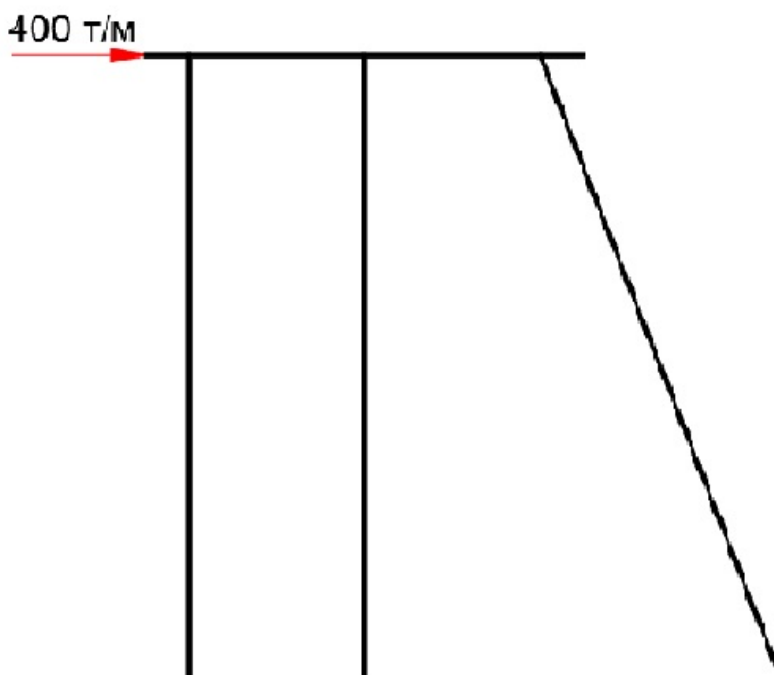


Рисунок 19 1 загрузка – ледовая нагрузка

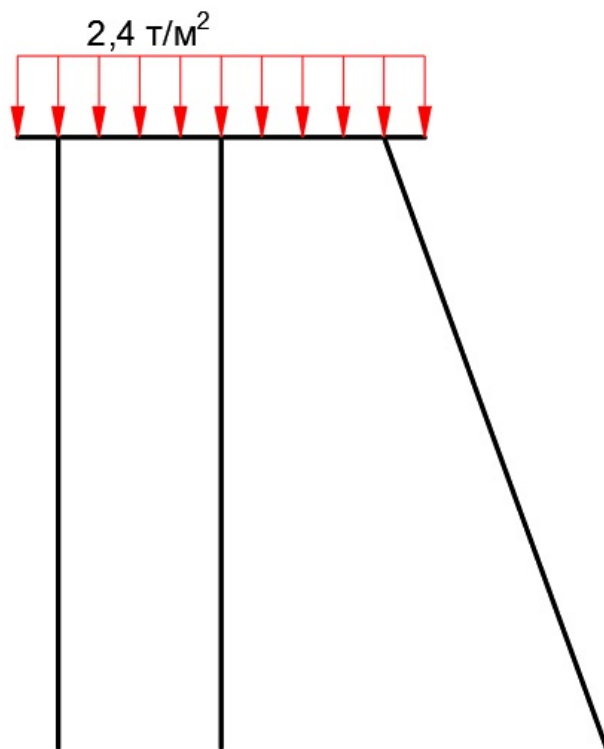


Рисунок 20 2 загрузка – технологическая нагрузка

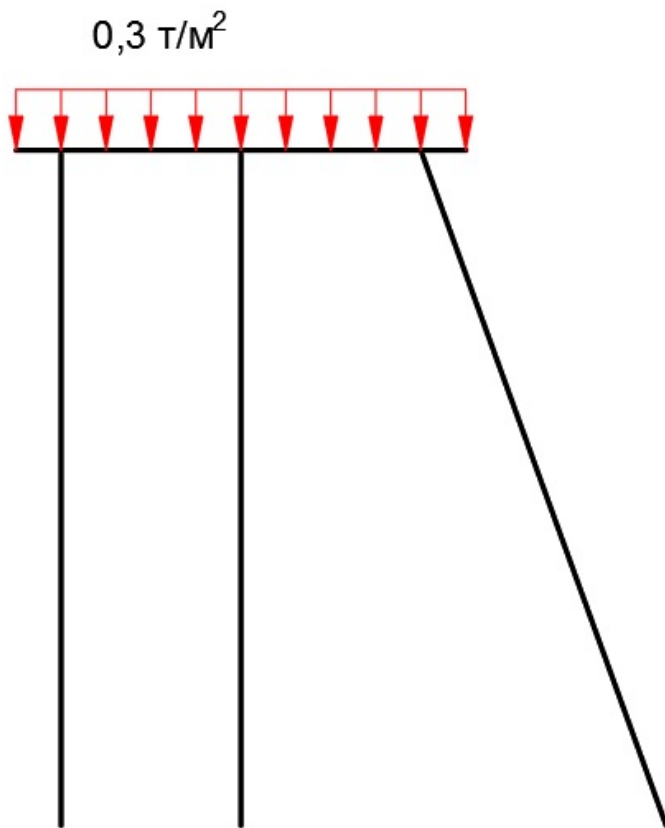


Рисунок 21 4 загрузка – снеговая нагрузка

Схема содержит 650 узлов и 11830 элементов.

Производим расчёт (линейный и РСУ).

### Результаты расчёта

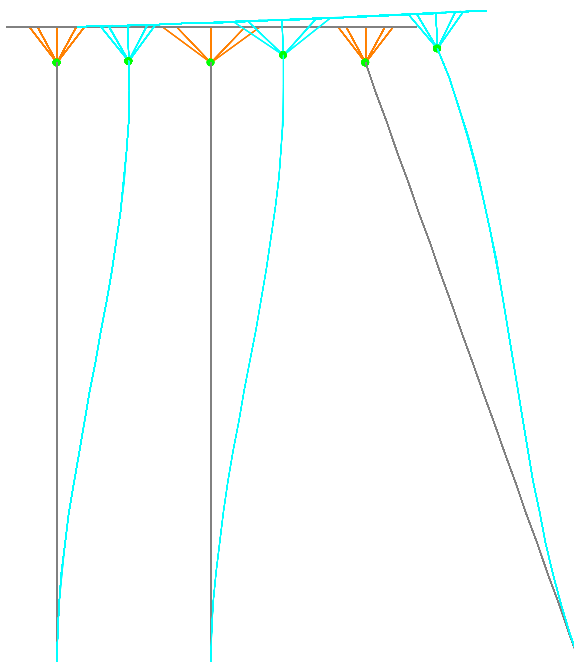


Рисунок 22 - деформированная схема

По деформированной схеме видно, что максимальных значений перемещения достигают в верхних узлах стержней.

### 2.5.2. Результаты расчёта

# Перемещения

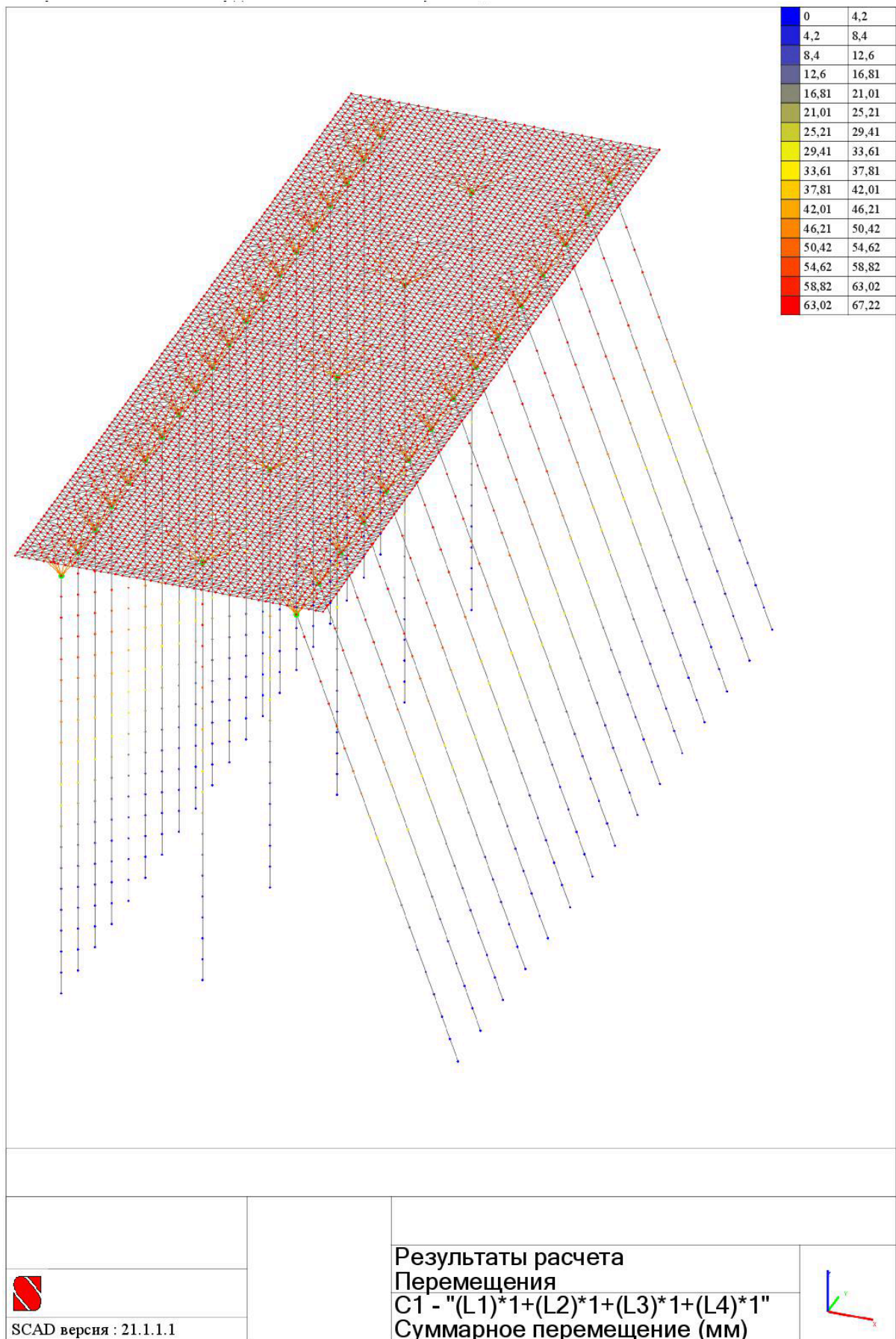


Рисунок 23 Суммарные перемещения конструкции



Максимальные перемещения возникают в точках ростверка и верхних узлах свай и достигают 63мм.

### **Анализ усилий в стержнях**

# Изгибающий момент $M_y$

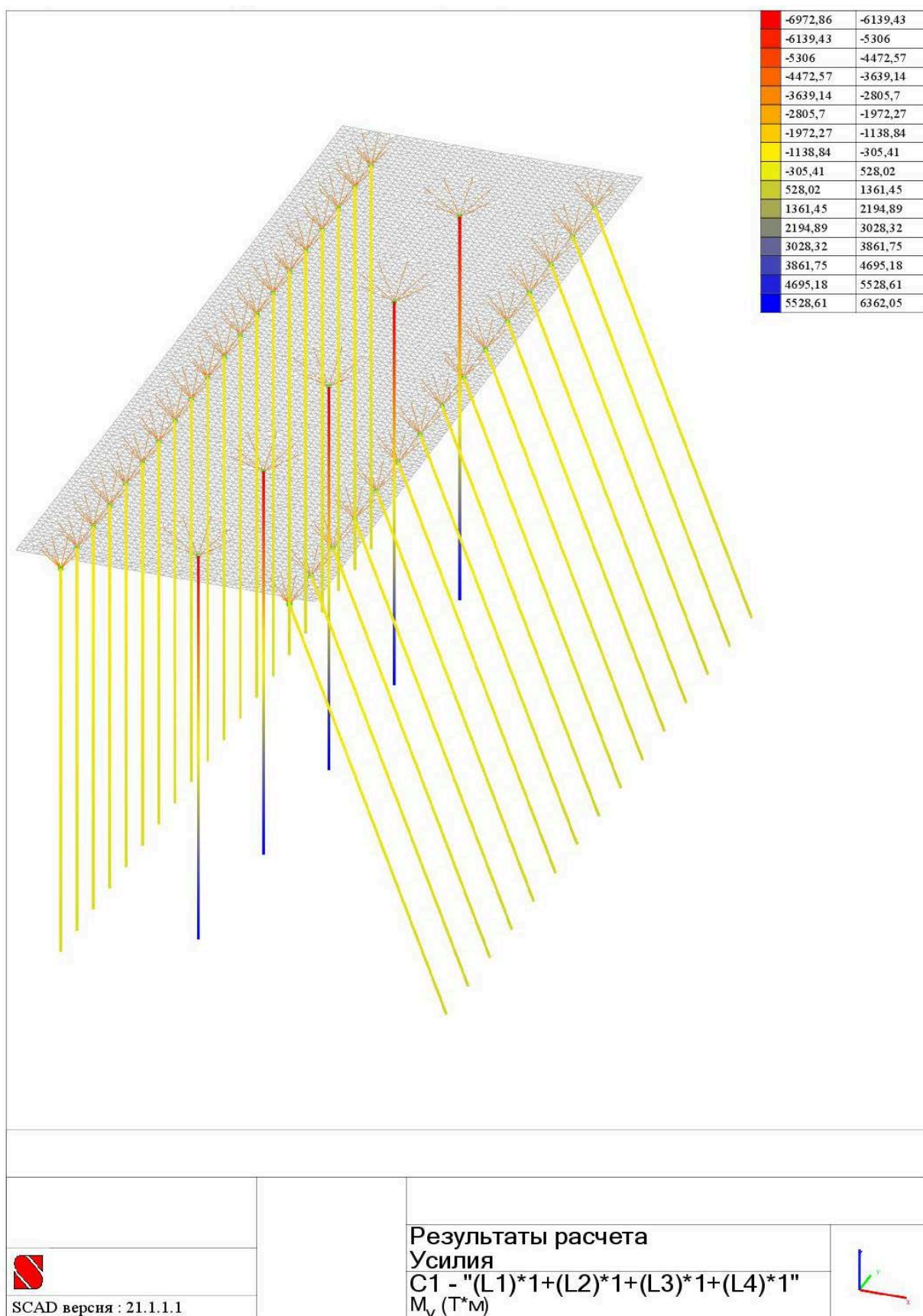


Рисунок 24 Изгибающий момент относительно оси Y

Экстремумы усилия  $M_y$   $-6139\text{т*м}$  и  $+6362\text{т*м}$  достигаются в верхнем и нижнем узле центральной сваи. Из этого следует, что сваи центрального ряда работают на изгиб больше, чем остальные сваи.

# Продольная сила N

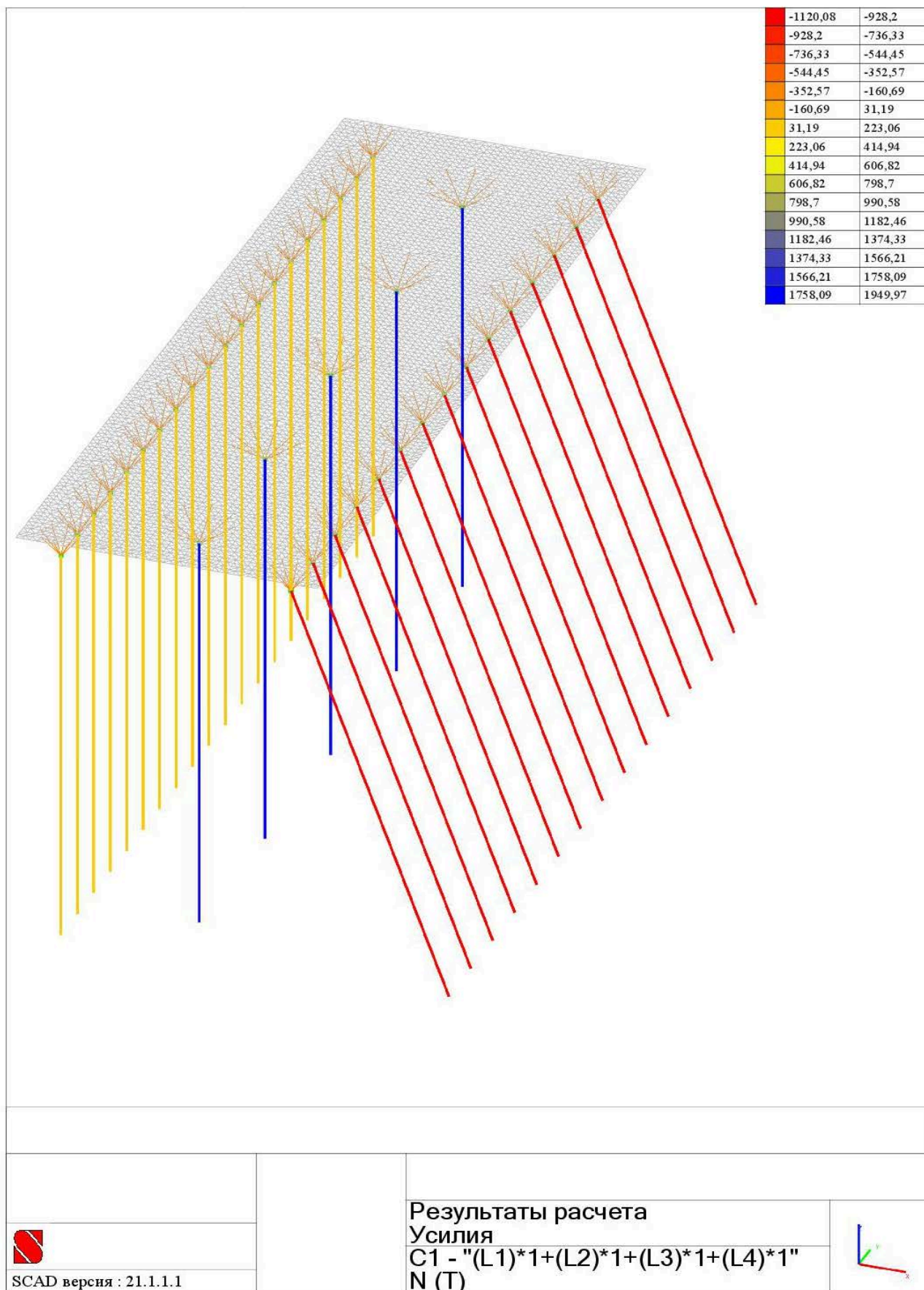


Рисунок 25 Продольная сила в стержнях

Максимальное значение продольной силы  $N$  достигается в сваях центрального ряда:  $+1758\text{т}$ . В козловых сваях  $N = -1120\text{т}$ . В свае внешнего ряда  $N=94,75\text{т}$ , свая так же работает на выдёргивание.

Вывод: сваи внешнего и центрального ряда продольная сила растягивает. Козловые же сваи сила  $N$  наоборот вдавливают в грунтовое основание. Из этого следует, что сваи внешнего и центрального рядов работают на выдёргивание, а козловые сваи на вдавливающую нагрузку.

# Поперечная сила $Q_z$

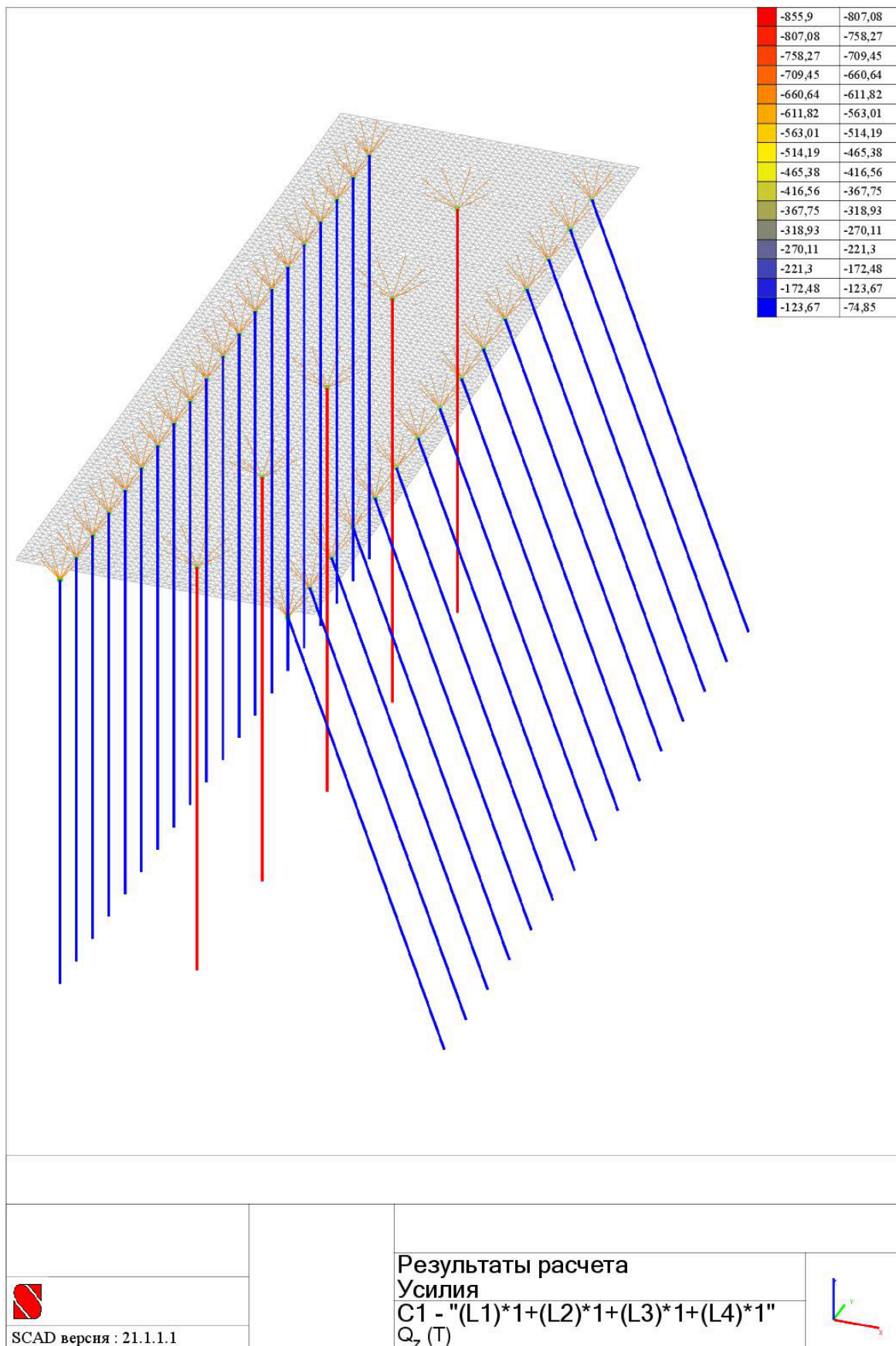


Рисунок 26 Поперечная сила относительно оси Z

Наибольшее значение поперечной силы достигается в сваях центрального ряда  $Q_z = -856\text{т}$ .

Остальные усилия значимо меньше, чем  $M_y$ ,  $Q_z$  и  $N$  и не являются расчётными.

### 2.5.3. Проверка стальных сечений свай

Результаты экспертизы стальных конструкций

Расчет выполнен по [7].

Задаём 3 конструктивных элемента:

|  |    |
|--|----|
| 1. Конструктивный элемент Свая внешнего ряда | 53 |
| 2. Конструктивный элемент Центральная свая   | 55 |
| 3. Конструктивный элемент Козловая свая      | 56 |

#### Конструктивный элемент Свая внешнего ряда

**Сталь: С375**

с расчетным сопротивлением по пределу текучести  $R_y=32500 \text{ Т/м}^2$

Длина элемента 15м

Предельная гибкость для сжатых элементов: 180

Предельная гибкость для растянутых элементов: 300

Коэффициент условий работы 1

Коэффициент надежности по ответственности 1

Неупругая работа сечения не допускается

Коэффициент расчетной длины в плоскости  $X_1OZ_1$  1

Коэффициент расчетной длины в плоскости  $X_1OY_1$  1

Расстояние между точками раскрепления из плоскости изгиба 1,59 м



## Сечение

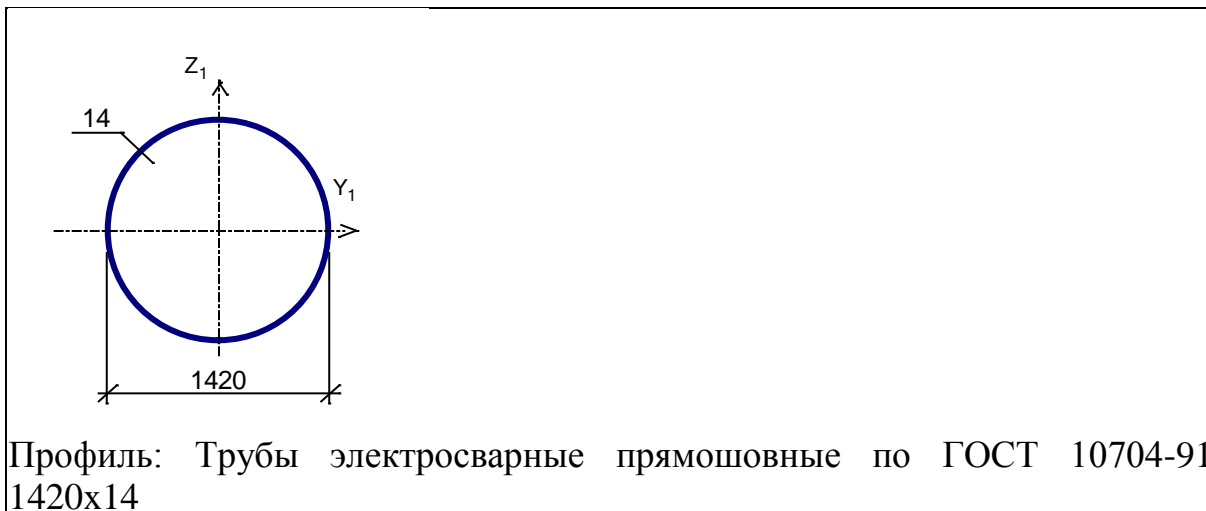


Таблица 23 результаты расчёта

| Результаты расчета | Проверка   | Коэффициент использования |
|--------------------|--|---------------------------|
| п.5.12             | Прочность при действии изгибающего момента $M_y$   | 0,87                      |
| п.5.12             | Прочность при действии изгибающего момента $M_z$   | $5,6 \cdot 10^{-005}$     |
| пп.5.12,5.18       | Прочность при действии поперечной силы $Q_y$   | $4,18 \cdot 10^{-006}$    |
| пп.5.12,5.18       | Прочность при действии поперечной силы $Q_z$   | 0,13                      |
| пп.5.24,5.25       | Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики | 0,95                      |
| п.5.3              | Устойчивость при сжатии в плоскости $XOY$ ( $XOU$ )  | 0,03                      |
| п.5.3              | Устойчивость при сжатии в плоскости $XOZ$ ( $XOV$ )  | 0,03                      |
| п.5.27             | Устойчивость в плоскости действия момента $M_y$ при внецентренном сжатии                   | 0,04                      |
| п. 5.34            | Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях  | 0,05                      |
| пп.6.15,6.16       | Предельная гибкость в плоскости $XOY$  | 0,17                      |
| пп.6.15,6.16       | Предельная гибкость в плоскости $XOZ$  | 0,17                      |

**Коэффициент использования 0,95 - Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов обеспечена.**



## Конструктивный элемент Центральная свая

Сталь: С590

с расчетным сопротивлением по пределу текучести  $R_y=56000 \text{ Т/м}^2$

Длина элемента 15м

Предельная гибкость для сжатых элементов: 180

Предельная гибкость для растянутых элементов: 300

Коэффициент условий работы 1

Неупругая работа сечения не допускается

Коэффициент надежности по ответственности 1

Коэффициент расчетной длины в плоскости  $X_1OZ_1$  1

Коэффициент расчетной длины в плоскости  $X_1OY_1$  1

Расстояние между точками раскрепления из плоскости изгиба 6,36 м

### Сечение

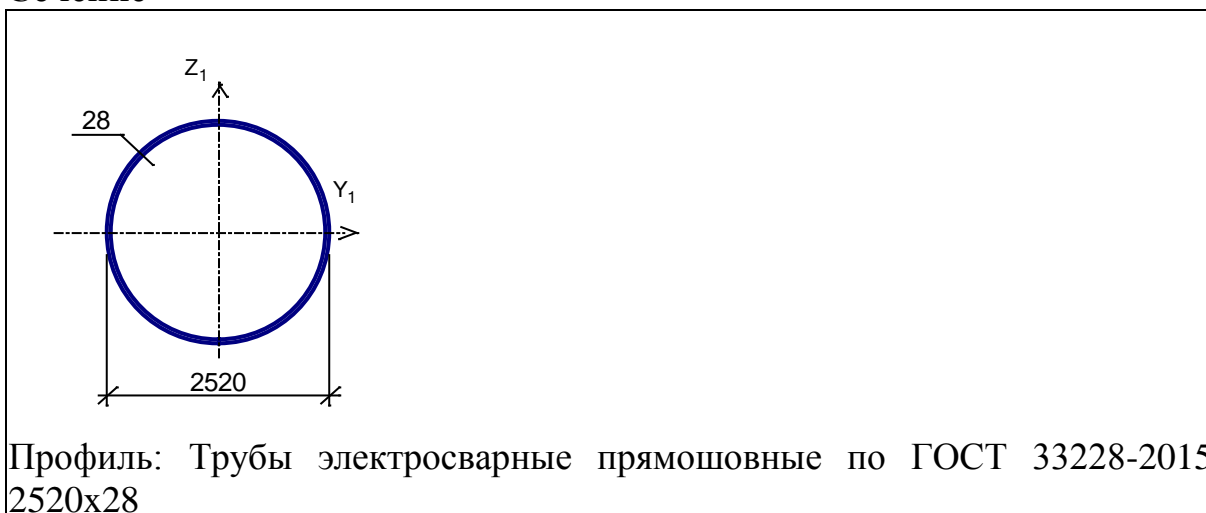


Таблица 24 результаты расчёта

| Результаты расчета | Проверка  | Коэффициент использования |
|--------------------|---|---------------------------|
| п.5.12             | Прочность при действии изгибающего момента $M_y$                        | 0,99                      |
| п.5.12             | Прочность при действии изгибающего момента $M_z$                        | $1,91 \cdot 10^{-005}$    |
| пп.5.12,5.18       | Прочность при действии поперечной силы $Q_z$                            | 0,26                      |
| пп.5.24,5.25       | Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов | 0,86                      |

| Результаты расчета | Проверка   | Коэффициент использования |
|--------------------|--|---------------------------|
|                    | с учетом пластики  |                           |
| пп.5.24,5.25       | Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики | 0,05                      |
| п.5.3              | Устойчивость при сжатии в плоскости XOY (XOU)  | 0,02                      |
| п.5.3              | Устойчивость при сжатии в плоскости XOZ (XOV)  | 0,02                      |
| п.5.27             | Устойчивость в плоскости действия момента $M_u$ при внецентренном сжатии                   | 0,04                      |
| п. 5.34            | Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях  | 0,04                      |
| пп.6.15,6.16       | Предельная гибкость в плоскости XOY  | 0,1                       |
| пп.6.15,6.16       | Предельная гибкость в плоскости XOZ  | 0,1                       |

**Коэффициент использования 0,99 - Прочность при действии изгибающего момента  $M_u$  обеспечена.**

### **Конструктивный элемент Козловая свая**

**Сталь: С590**

с расчетным сопротивлением по пределу текучести  $R_y=56000 \text{ Т/м}^2$

Длина элемента 16,54 м

Предельная гибкость для сжатых элементов: 180

Предельная гибкость для растянутых элементов: 300

Коэффициент условий работы 1

Коэффициент надежности по ответственности 1

Неупругая работа сечения не допускается

Коэффициент расчетной длины в плоскости  $X_1OZ_1$  1

Коэффициент расчетной длины в плоскости  $X_1OY_1$  1

Расстояние между точками раскрепления из плоскости изгиба 2,12 м

## Сечение

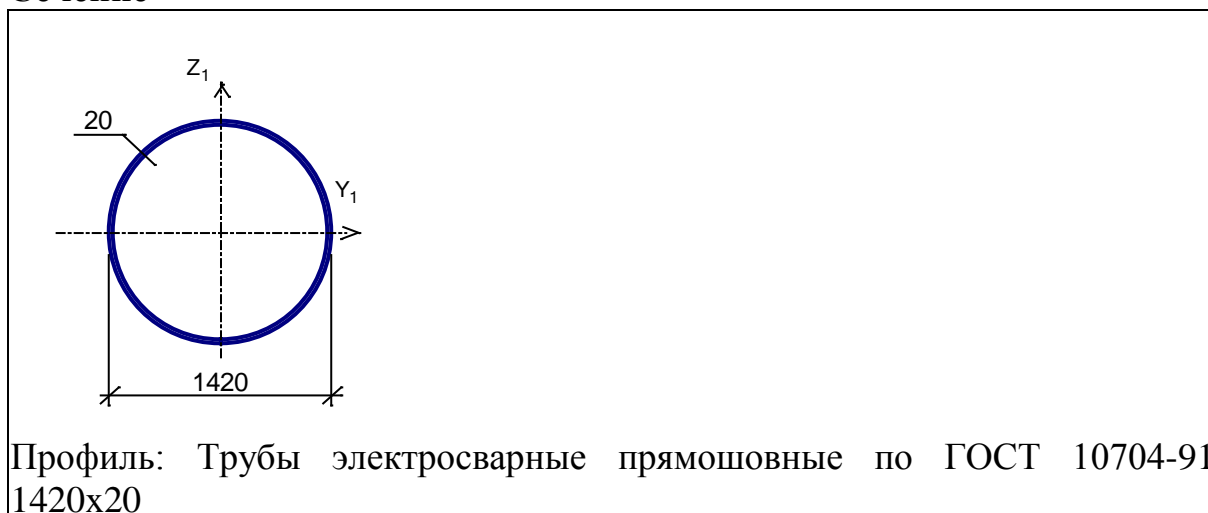


Таблица 25 результаты расчёта

| Результаты расчета | Проверка   | Коэффициент использования |
|--------------------|--|---------------------------|
| п.5.12             | Прочность при действии изгибающего момента $M_y$   | 0,5                       |
| п.5.12             | Прочность при действии изгибающего момента $M_z$   | $1,27 \cdot 10^{-005}$    |
| пп.5.12,5.18       | Прочность при действии поперечной силы $Q_z$   | 0,07                      |
| пп.5.24,5.25       | Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов без учета пластики | 0,72                      |
| п.5.3              | Устойчивость при сжатии в плоскости $XOY$ ( $XOU$ )  | 0,26                      |
| п.5.3              | Устойчивость при сжатии в плоскости $XOZ$ ( $XOV$ )  | 0,26                      |
| п.5.27             | Устойчивость в плоскости действия момента $M_y$ при внецентренном сжатии                   | 0,33                      |
| п. 5.34            | Устойчивость при сжатии с изгибом в двух плоскостях  | 0,68                      |
| пп.6.15,6.16       | Предельная гибкость в плоскости $XOY$  | 0,19                      |
| пп.6.15,6.16       | Предельная гибкость в плоскости $XOZ$  | 0,19                      |

**Коэффициент использования 0,72 - Прочность при совместном действии продольной силы и изгибающих моментов обеспечена.**

Вывод: конструкции свай удовлетворяют условиям прочности и устойчивости. Однако, в виду того, что сваи центрального ряда работают на пределе, а ледовые воздействия слабо изучены, от бетонных пробок в сваях не отказываемся.

## 2.5.4 Проверка отметки низа сваи

Для того, чтобы проверить, хватает ли длины сваи, проверим её несущую способность по грунту. Расчёт ведём по [6].

Допускаемую нагрузку сравним с нагрузкой, которая фактически действует на сваю. Эквивалентное значение нагрузки, действующей на сваю, возьмём из результатов статического расчёта.

$$\gamma_n \cdot N \leq \frac{F_d}{\gamma_{c,g}}$$

$N$  – продольная сила по результатам статического расчёта, т;

$F_d$  – предельное сопротивление грунта основания одиночной сваи, называемая в дальнейшем несущей способностью сваи;

$\gamma_n=1$  – коэффициент надёжности по ответственности сооружения (класс II);

$\gamma_{c,g} = 1,4$  – коэффициент надёжности по грунту;

### Козловая свая

Для вдавливающей нагрузки:

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{R,R} R A + u \sum \gamma_{R,f} f_i h_i)$$

$\gamma_c = 1$  – коэффициент условий работы сваи в грунте;

$R$  – расчетное сопротивление грунта под нижним концом сваи, кПа, определяем по таблице 7.2;

$A = 1,58 m^2$  – площадь опирания на грунт сваи, м<sup>2</sup>, принимаемая по площади поперечного сечения сваи брутто;

$u = 4,46 m$  – наружный периметр поперечного сечения ствола сваи, м;

$f_i$  – расчетное сопротивление  $i$ -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, кПа, принимаемое по таблице 7.3;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи, м;

$\gamma_{R,R} = 0,8$ ,  $\gamma_{R,f} = 0,9$  – коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи, учитывающие влияние

способа погружения свай на расчетные сопротивления грунта и принимаемые по таблице 7.4.

Верхний слой – текучий ил, его в расчёте не учитываем.

$$F_d = 1 \cdot (0,8 \cdot 10120 \cdot 1,58 + 4,46 \cdot 0,9(6 \cdot 12,1 + 89,2 \cdot 2,7 + 12,1 \cdot 12 + 107 \cdot 3,9)) = 16307 \text{ кН}$$

$1 \cdot 1120 \text{ т} \leq \frac{1630,7 \text{ т}}{1,4} = 1165 \text{ т} \rightarrow$  условие выполняется, отметка низа свай принята верно.

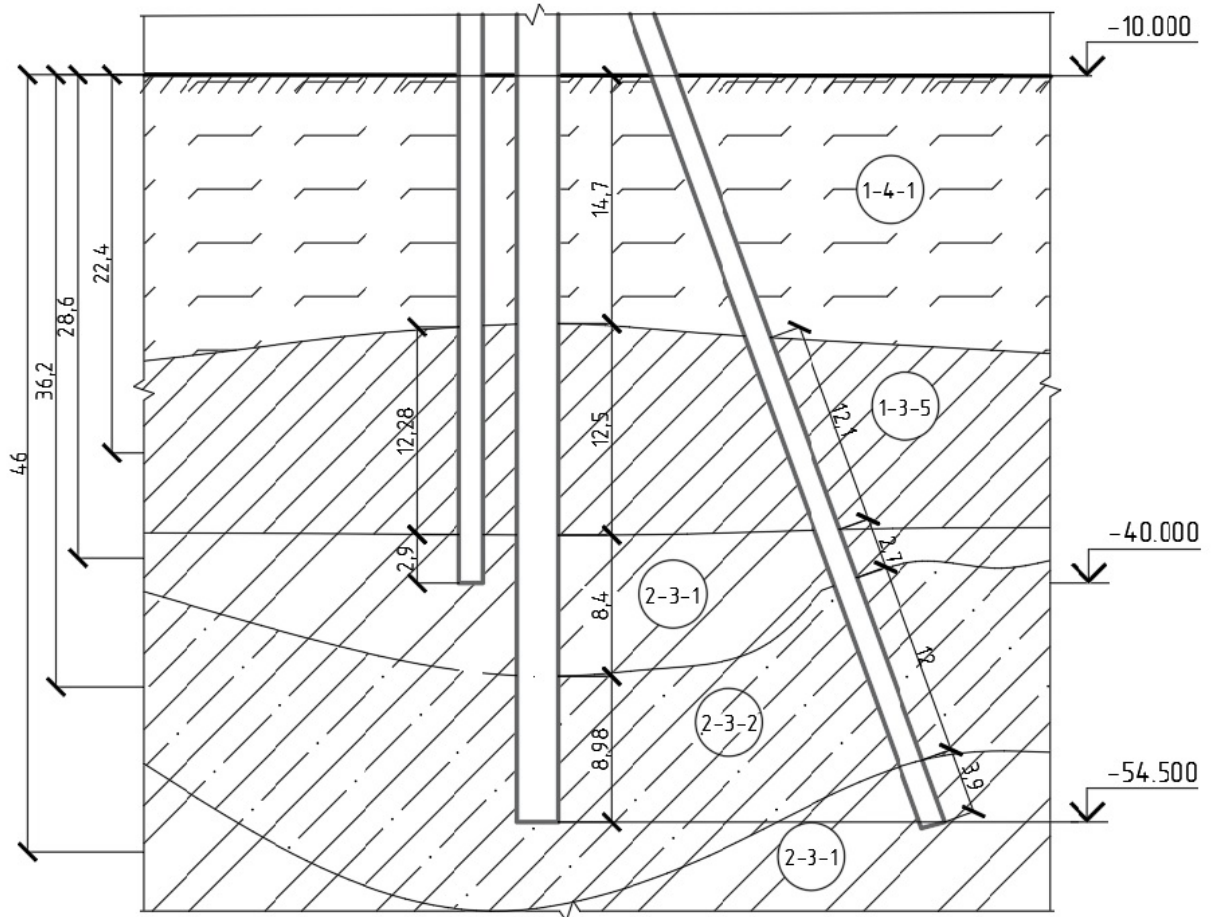


Рисунок 27 - схема к расчёту несущей способности свай

### Внешняя свая

Для выдёргивающей нагрузки:

$$F_{du} = \gamma_c u \sum \gamma_{R,f} f_i h_i ;$$

$$\gamma_c = 0,8; \gamma_{R,f} = 1.$$

$$F_{du} = 0,8 \cdot 4,46 \cdot (6 \cdot 12,28 + 101,68 \cdot 2,9) = 1315 \text{ кН} = 134 \text{ т}$$

$1 \cdot 94,75 \leq \frac{134\tau}{1,4} = 95,7\tau \rightarrow$  условие выполняется, отметка низа сваи принята верно.

## 2.5.5. Подбор армирования ростверка

Усилие  $M_y$

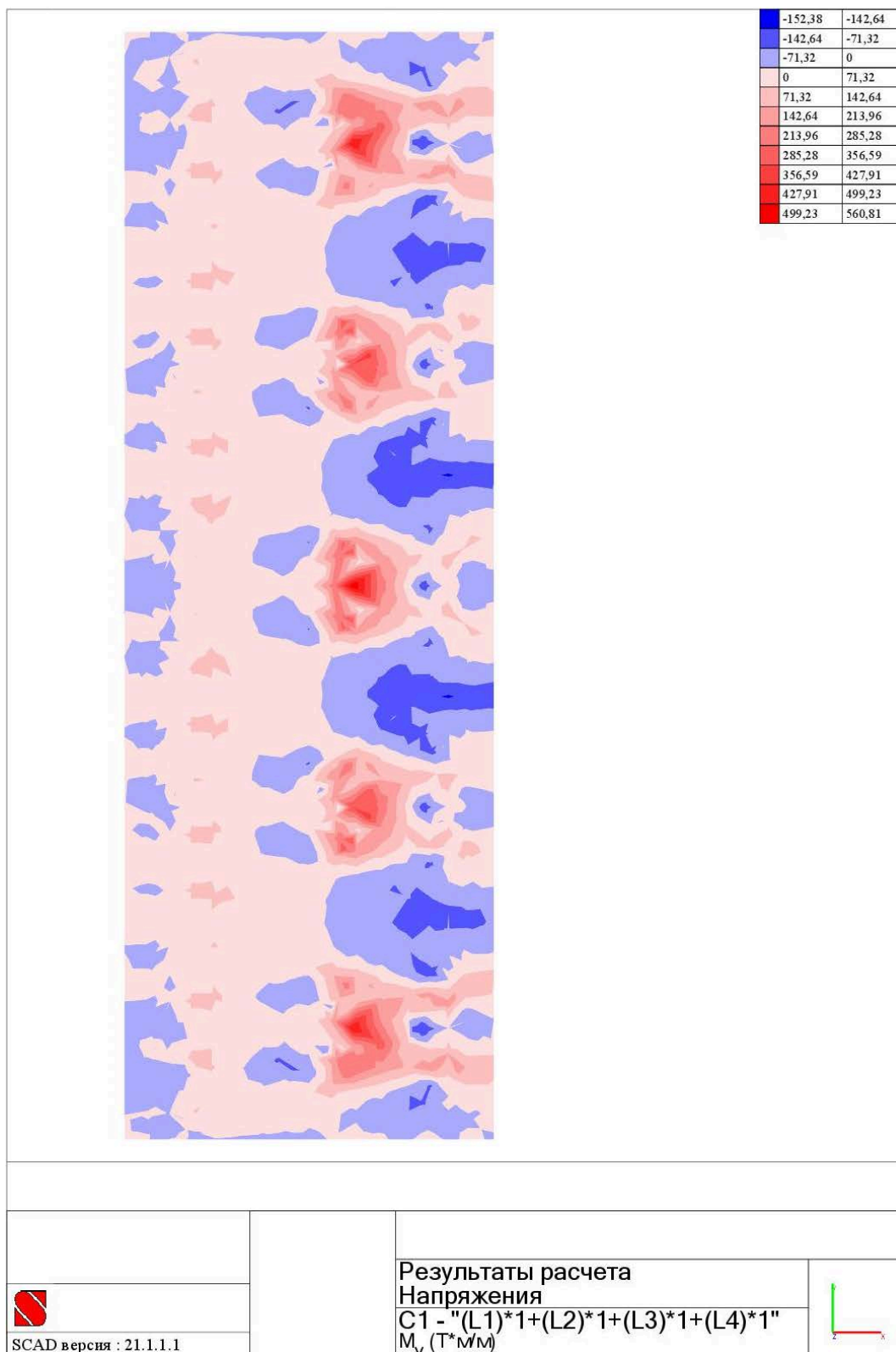
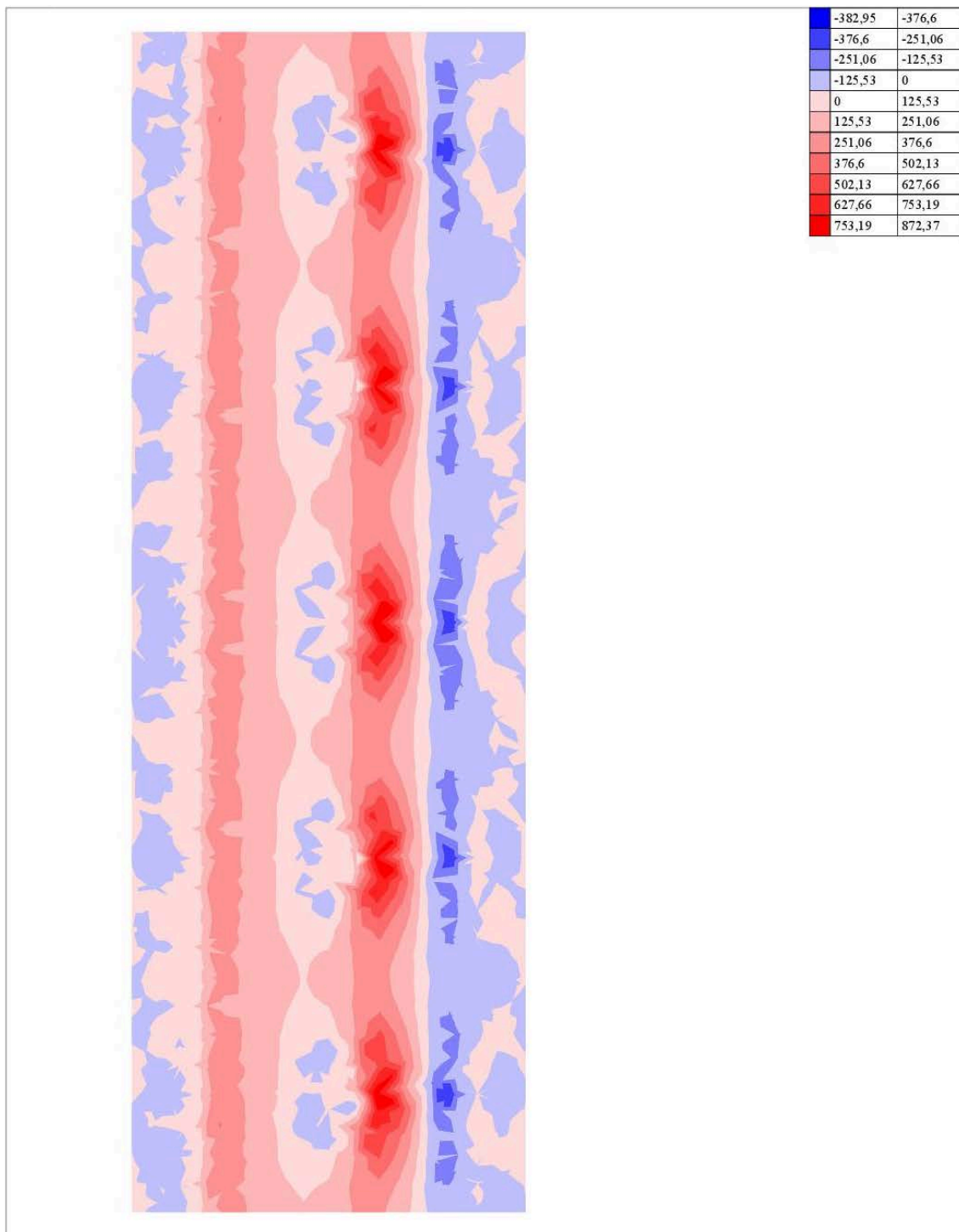


Рисунок 28 Изгибающие моменты в ростверке относительно оси Y

# Усилие $M_x$



|         |         |
|---------|---------|
| -382,95 | -376,6  |
| -376,6  | -251,06 |
| -251,06 | -125,53 |
| -125,53 | 0       |
| 0       | 125,53  |
| 125,53  | 251,06  |
| 251,06  | 376,6   |
| 376,6   | 502,13  |
| 502,13  | 627,66  |
| 627,66  | 753,19  |
| 753,19  | 872,37  |



|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| <br>SCAD версия : 21.1.1.1 | Результаты расчета<br>Напряжения<br>C1 - "(L1)*1+(L2)*1+(L3)*1+(L4)*1"<br>$M_x$ (Т*М/М) |  |  |
|   |   |  |   |

Рисунок 29 Изгибающие моменты в ростверке относительно оси X



## Подбор армирования

Создаём группу конструктивных элементов – армирование пластинчатых элементов.

Задаём следующие исходные данные:

Таблица 26 исходные данные для подбора арматуры

| Конструктивная группа  | Ростверк  |
|--|-----------|
| Группа армирования пластин   | +         |
| Группа армирования стержней  | -         |
| Конструктивный элемента армирования стержней                         | -         |
| Дополнительная группа  | -         |
| Ребро плиты  | -         |
| Тип элемента   | Оболочка  |
| Напряженное состояние  | -         |
| Расстояние до ц.т. арматуры, мм                                      |           |
| a <sub>1</sub>   | 50        |
| a <sub>2</sub>   | 50        |
| a <sub>3</sub>   | 0         |
| a <sub>4</sub>   | 0         |
| Максимальный процент армирования                                     | 10        |
| Учитывать требования норм по минимальному проценту армирования       | +         |
| Статически неопределимая система                                     | -         |
| Коэффициент надежности по ответственности                            | 1         |
| Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) | -         |
| Коэффициенты учета сейсмического воздействия                         |           |
| - нормальные сечения   | по нормам |
| - наклонные сечения  | по нормам |
| Коэффициенты расчетной длинны  |           |
| - в плоскости X <sub>1</sub> OZ <sub>1</sub>                         | -         |
| - в плоскости X <sub>1</sub> OY <sub>1</sub>                         | -         |
| Расчетная длина, м   |           |
| - в плоскости X <sub>1</sub> OZ <sub>1</sub>                         | -         |
| - в плоскости X <sub>1</sub> OY <sub>1</sub>                         | -         |
| Случайный эксцентриситет, мм   |           |
| - по Z <sub>1</sub>  | по нормам |
| - по Y <sub>1</sub>  | по нормам |
| Класс арматуры   |           |
| - продольной   | A500C     |
| - поперечной   | A500C     |
| Коэффициент условий работы арматуры                                  |           |
| - продольной   | 1         |
| - поперечной   | 1         |
| Максимально допустимый диаметр арматуры, мм                          |           |
| - продольной   | 40        |

| <b>Конструктивная группа</b>   | <b>Ростверк</b> |
|--|-----------------|
| - поперечной   | 40              |
| Учитывать заданное армирование   | -               |
| Учитывать минимальное армирование, d/s, мм/мм  |                 |
| S <sub>1</sub>   | 6/200           |
| S <sub>2</sub>   | 6/200           |
| S <sub>3</sub>   | 6/200           |
| S <sub>4</sub>   | 6/200           |
| W <sub>x</sub>   | 40/300          |
| W <sub>y</sub>   | 40/300          |
| Класс бетона   | B45             |
| Вид бетона   | Тяжелый         |
| Плотность, Т/м <sup>3</sup>  | 2,5             |
| Марка по средней плотности   | -               |
| Заполнитель легкого бетона   | -               |
| Условия твердения  | Естественное    |
| Коэффициент условий твердения  | 1               |
| Коэффициенты условий работы бетона   |                 |
| - учет нагрузок длительного действия $\gamma_{b2}$                                   | 0,9             |
| - результирующий коэффициент без $\gamma_{b2}$                                       | 1               |
| Трещиностойкость   | 1-я категория   |
| Условия эксплуатации конструкции   | -               |
| Режим влажности бетона   | -               |
| Допустимая ширина раскрытия трещин, мм   |                 |
| - непродолжительное раскрытие  | -               |
| - продолжительное раскрытие  | -               |
| Учитывать сейсмические воздействия при расчете по второй группе предельных состояний | -               |

Производим подбор арматуры.

**Результаты:**

## Верхнее армирование вдоль оси X

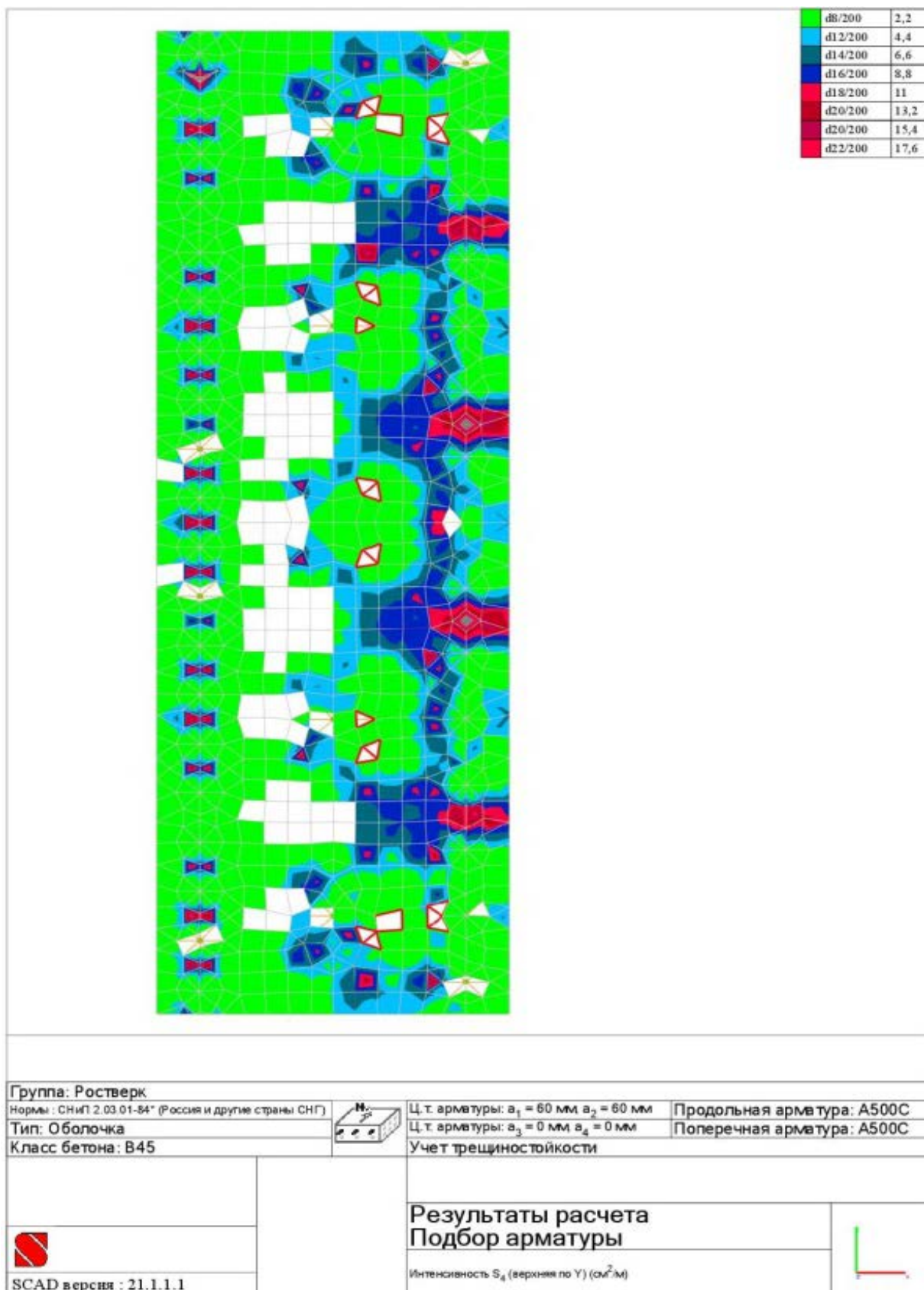


Рисунок 30 Верхнее армирование по Y

## Нижнее армирование вдоль оси Y



Рисунок 31 Нижнее армирование по Y

## Нижнее армирование вдоль оси X

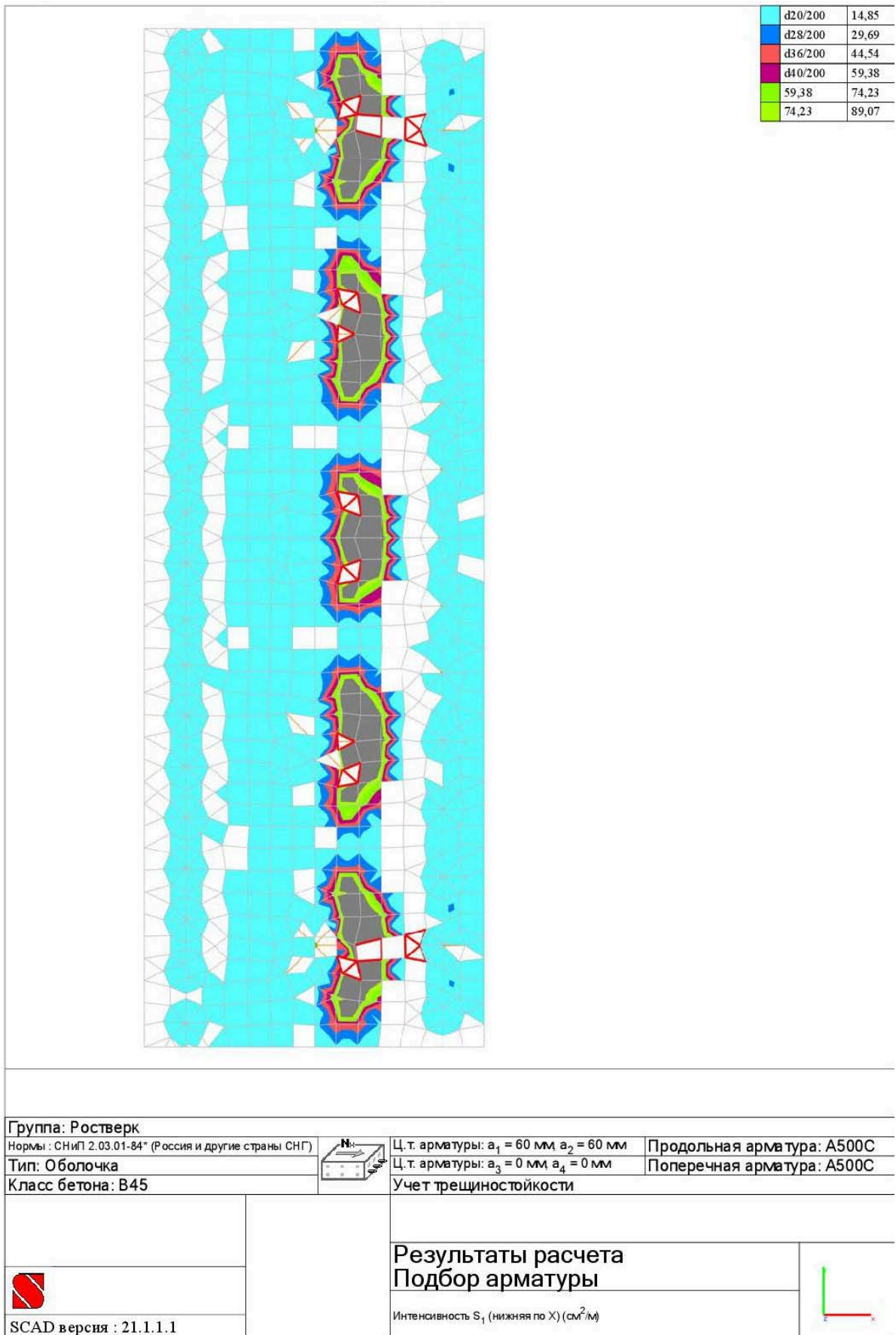
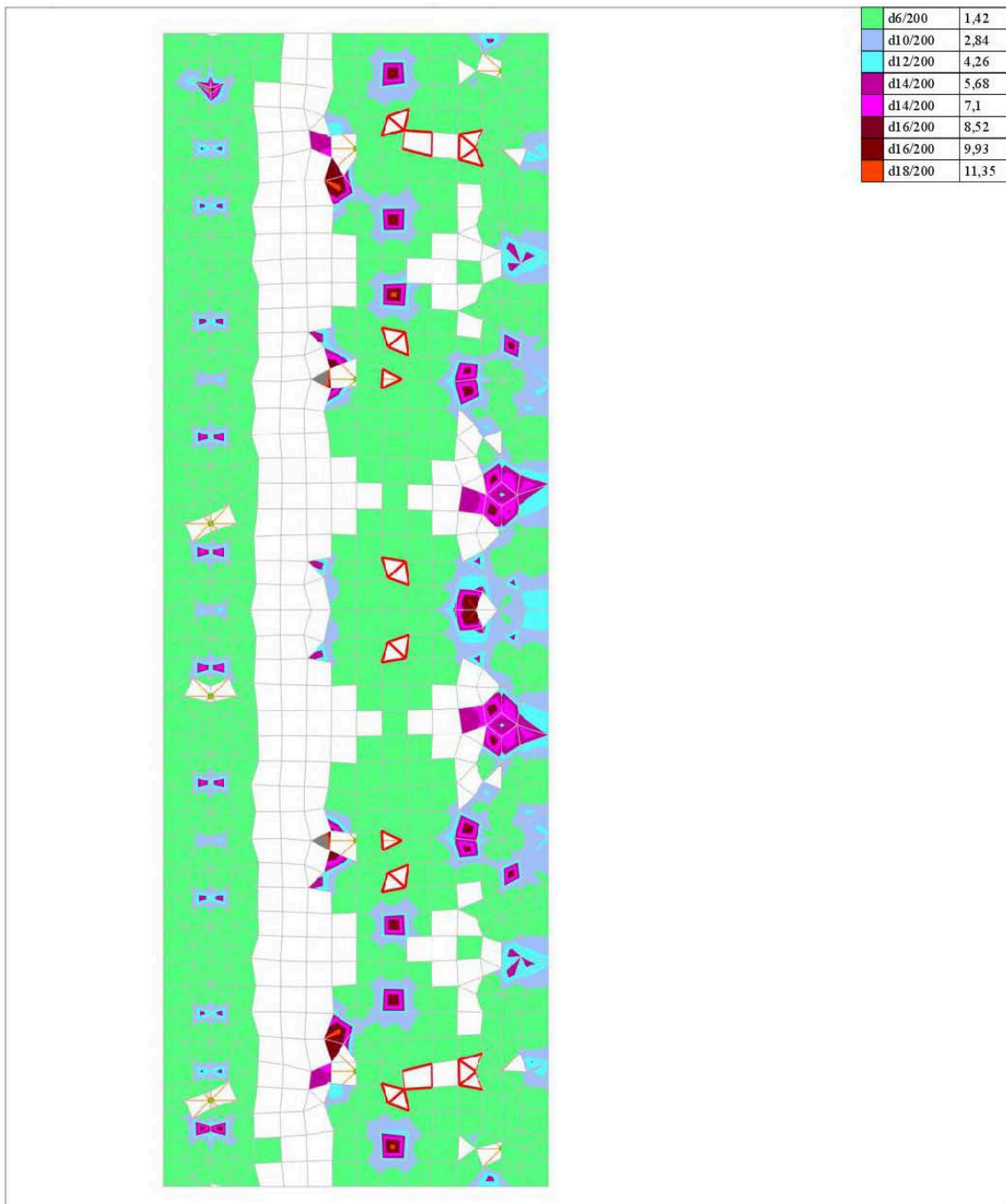


Рисунок 32 Нижнее армирование по X



## Верхнее армирование вдоль оси X



|   |                        |   |  |                            |
|---|------------------------|---|--|----------------------------|
| Группа: Ростверк                                      |                        |   | Ц.т. арматуры: $a_1 = 60 \text{ мм}$ $a_2 = 60 \text{ мм}$ | Продольная арматура: А500С |
| Нормы : СНиП 2.03.01-84* (Россия и другие страны СНГ) |                        |   | Ц.т. арматуры: $a_3 = 0 \text{ мм}$ $a_4 = 0 \text{ мм}$   | Поперечная арматура: А500С |
| Тип: Оболочка   |                        |   | Учет трещиностойкости                                      |                            |
| Класс бетона: В45                                     |                        | <b>Результаты расчета</b><br><b>Подбор арматуры</b>           |  |                            |
|   | SCAD версия : 21.1.1.1 | Интенсивность $S_2$ (верхняя по X) ( $\text{см}^2/\text{м}$ ) |  |                            |

Рисунок 33 Верхнее армирование по X

Выводы: недостаток многих комплексов МКЭ, в том числе и SCAD в том, что для корректного анализа напряжений в плитах шаг сетки конечных элементов должен быть примерно равен толщине плиты. В нашем случае толщина плиты 2м. Если задать шаг конечных элементов в сетке 2м, то результаты будут очень неточными. Поэтому, шаг сетки был задан 0,7м, но в местах примыкания стержней к плите (с помощью «паучков») сетка сгущается и в некоторых мелких элементах получаются некорректно большие напряжения.

Принимаем шаг арматуры 200мм, диаметры стержней в фоновых сетках будем принимать исходя из результатов, получившихся в крупных элементах.

Нижнее армирование вдоль оси X:

Фоновое армирование из стержней  $\phi 20A500C$ , локальные усиления стержнями  $\phi 25A500C$  в тех местах, где плита стремится изогнуться вверх над центральными сваями (см. деформированную схему).

Нижнее армирование вдоль оси Y:

Фоновое армирование из стержней  $\phi 18A500C$ , локальные усиления стержнями  $\phi 18A500C$ .

Верхнее армирование вдоль оси X:

Фоновое армирование из стержней  $\phi 12A500C$ , локальные усиления стержнями  $\phi 12A500C$ .

Верхнее армирование вдоль оси Y:

Фоновое армирование из стержней  $\phi 12A500C$ , локальные усиления стержнями  $\phi 16A500C$ .

Воспользуемся программой NormCad и определим длины анкеровки арматуры по [8] для дополнительного армирования:

Для  $\phi 25A500C$  анкеровка 870мм;

для  $\phi 18A500C$  анкеровка 630мм;

для  $\phi 12A500C$  анкеровка 420мм;

для  $\phi 16A500C$  анкеровка 560мм.

Таким образом, верхняя и нижняя сетка – рабочие. В середине сечения устанавливаем ещё 2 сетки армирования из стержней  $\phi 10A500C$  по конструктивным требованиям (п. 10.4.14) [8]. Толщину защитного слоя принимаем 60мм согласно п.6.8 [9].

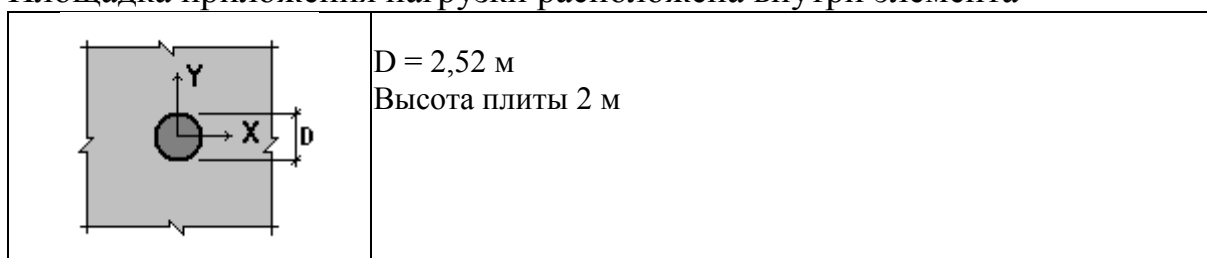
Проверим необходимость усиления ростверка поперечной арматурой расчётом на продавливание. Расчёт ведём в программе Арбат. Исходными данными в данном случае выступает продавливающая сила  $N$ , полученная в результате статического расчёта.

### Продавливание

Расчет выполнен по [8]

Коэффициент надежности по ответственности  $\gamma_n = 1$

Площадка приложения нагрузки расположена внутри элемента



### Бетон

Вид бетона: Тяжелый

Класс бетона: В45

Таблица 27 Коэффициенты  $\gamma_b$

| Коэффициенты условий работы бетона |  |     |
|------------------------------------|--|-----|
| $\gamma_{b1}$                      | учет нагрузок длительного действия                       | 0,9 |
| $\gamma_{b2}$                      | учет характера разрушения                                | 1   |
| $\gamma_{b3}$                      | учет вертикального положения при бетонировании           | 1   |
| $\gamma_{b5}$                      | учет замораживания/оттаивания и отрицательных температур | 1   |

### Нагрузки

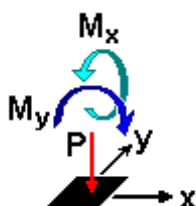




Таблица 28 нагрузки для расчёта на продавливание

|   |          |                      |                      |
|---|----------|----------------------|----------------------|
|   | <b>P</b> | <b>M<sub>x</sub></b> | <b>M<sub>y</sub></b> |
|   | кН       | Т*м                  | Т*м                  |
| 1 | 17000    | 0                    | -6972                |

### Результаты расчета

$P = 17000$  кН

$M_y = -6972$  Т\*м

Таблица 29 результат расчёта на продавливание

| Проверено по СП | Проверка  | Коэффициент использования |
|-----------------|---|---------------------------|
| п. 8.1.49       | прочность на продавливание бетонного элемента при действии сосредоточенной силы и изгибающих моментов с векторами вдоль осей X, Y | 0,515                     |

Коэффициент использования 0,515 - прочность на продавливание бетонного элемента при действии сосредоточенной силы и изгибающих моментов с векторами вдоль осей X, Y обеспечена.

Поперечная арматура не требуется.

## 2.6 Требования к материалам

В виду того, что сооружение находится в море, материалы конструкций подвержены агрессивному воздействию морской воды и арктического климата. Данные условия диктуют некоторые требования к материалам.

### *Бетон для ростверка*

Бетон должен быть гидротехническим по ГОСТ 26633 [10]. В качестве вяжущего вещества необходимо применять сульфатостойкий портландцемент по ГОСТ 22266 [11]. Заполнитель должен быть нерастворимым, стойким к коррозии выщелачивания. Марка по морозостойкости не ниже F800, водонепроницаемость W8.

### *Стальные трубы*

Строительство ЮОЛС ведётся как в летний, так и в зимний период. Низкие температуры окружающей среды негативно влияют на сталь, повышая её хрупкость. Кроме того, трубы будут подвергаться ударным воздействиям сваебойного оборудования. Поэтому, необходимо чтобы сталь была стойка к ударному разрушению, т.е. обладать определённой ударной вязкостью. Согласно [7], значение ударной вязкости в нашем случае должно быть не менее 66 Дж/см<sup>2</sup> при температуре испытаний -60°С.

Для защиты труб от коррозии применяют окрашивание согласно [5].

## **3 Организация и технология строительства**

### **3.1 Общие данные**

#### **3.1.1 Организация строительства**

Организация строительства осуществляется вахтовым методом.

Вахтовый метод – особая форма организации работ, основанная на использовании трудовых ресурсов вне места их постоянного проживания, на основе периодического выезда работников к месту приложения труда.

Согласно трудовому кодексу (ТК) РФ вахтой считается общий период, включающий время выполнения работ на объекте и время междусменного отдыха в вахтовом поселке.

При вахтовом методе работ устанавливается суммированный учет рабочего времени за месяц.

Учетный период охватывает все рабочее время, время в пути от места нахождения работодателя или от пункта сбора до места выполнения работ и обратно, а также время отдыха, приходящееся на данный календарный отрезок времени.

Общая продолжительность рабочего времени за учетный период не должна превышать нормального числа рабочих часов, установленных ТК РФ.

Продолжительность ежедневной (смены) работы составляет 11 часов, количество смен в день -2.

При выполнении строительно-монтажных работ в холодное время года организуются дополнительные перерывы для обогрева персонала.

Условия для применения вахтового метода работ:

1. Значительное удаление производственных объектов (участков) от места нахождения предприятия, когда не может быть обеспечено ежедневное возвращение работников к месту жительства, либо в случаях, когда на поездку от места нахождения организации до места работы и обратно работникам требуется ежедневно затрачивать более трех часов;
2. Производство работ в необжитых и отдаленных районах и необеспеченность данного района соответствующими трудовыми ресурсами.

Таким образом, для строительства ЮОЛС вахтовый метод наиболее рационален.

Работы по строительству южного оградительного ледозащитного сооружения ведутся в 2 смены по 11 часов согласно ТК РФ. Так же при строительстве ЮОЛС необходимо учитывать погодные условия.

### **3.1.2 Обеспечение строительства трудовым ресурсам**

В качестве основного пункта сбора вахтового персонала для отправки к месту расположения вахтового поселка рассматривается город Новый Уренгой (аэропорт и железнодорожная станция) и город Салехард (аэропорт и железнодорожная станция Лабытнанги).

Перевозка работников до пункта сбора в г. Новом Уренгой осуществляется с помощью гражданской авиации регулярными рейсами до аэропорта Новый Уренгой, а также регулярными поездами дальнего следования до железнодорожной станции Новый Уренгой. Далее перебазировка к месту строительства в районе с. Новый Порт (расстояние перевозки около 250 км) осуществляется с помощью вертолетов МИ-8 (максимальная коммерческая загрузка – 22 чел.).

Перевозка работников до пункта сбора в г. Салехард осуществляется с помощью гражданской авиации регулярными рейсами до аэропорта Салехард, а также регулярными поездами дальнего следования до железнодорожной станции Лабытнанги. Далее перебазировка к месту строительства в районе с. Новый Порт (расстояние перевозки около 450 км) осуществляется с помощью парома.

### **3.1.3 Организация доставки материалов на строительную площадку**

Учитывая состояние и развитость транспортной инфраструктуры Ямало-Ненецкого автономного округа в целом и Тазовского района в частности возможны следующие варианты поставки строительных материалов и конструкций до объекта строительства:

**Вариант 1.** Перевозка грузов морским транспортом по Северному морскому пути до объекта строительства. Доставка строительных грузов может осуществляться морскими судами по Северному морскому пути из морских портов Мурманска и Архангельска до порта Сабетта, а также непосредственно до пирса Салмановского НГКМ.

К морским портам Мурманску и Архангельску имеют беспрепятственный круглогодичный доступ заводы-изготовители и поставщики материалов как автомобильным, так и железнодорожным транспортом. Основным регионом расположения предприятий поставщиков и производителей для поставки строительных материалов, изделий и оборудования в порты Мурманска и Архангельска является Северо-Западный федеральный округ (завод НорНикель и др.).

**Вариант 2.** Перевозка грузов речным транспортом в период летней навигации из речных портов Обской губы до объекта строительства. Доставка строительных грузов может осуществляться речными судами, баржами-площадками, аппаратными баржами по реке Оби из Салехардского речного порта и речного порта в поселке Ямбурге до пирса Салмановского НГКМ.

Навигационный период при доставке грузов через речные порты Обской губы составляет в среднем 3 месяца (05 июля по 01 октября). В период ледостава и весеннего ледохода с паводковыми явлениями навигация не осуществляется.



Рисунок 34 Схемы доставки материалов и конструкций на объект

### 3.2 Геодезические работы

Перед началом работ по возведению ЮОЛС необходимо провести следующие геодезические работы согласно [12]:

1. создание опорной геодезической сети точностью 2-го разряда и нивелирования IV класса, с привязкой к пунктам Государственной геодезической сети с использованием GPS-приемников;
2. закладка грунтовых реперов.

Геодезическая разбивочная основа для строительства создаётся с учетом:

1. проектного и существующего размещений зданий (сооружений) на строительной площадке;
2. обеспечения сохранности и устойчивости знаков, закрепляющих пункты разбивочной основы;
3. геологических, температурных, динамических процессов и других воздействий в районе строительства, которые могут оказать неблагоприятное влияние на качество построения разбивочной основы;
4. литодинамических изменений.

Геодезические работы при строительстве следует выполнять в объеме и с точностью, обеспечивающими при размещении и возведении объектов строительства соответствие геометрических параметров сооружения, требованиям строительных норм, правил и государственных стандартов.

Геодезические работы включают в себя:

1. установку контрольной корректирующей станции для целей строительства и навигации;
2. создание плановой и высотной геодезической разбивочной основы, в виде сети закрепленных знаками геодезических пунктов, определяющих положение сооружения на местности и обеспечивающих выполнение дальнейших построений и измерений в процессе строительства с наименьшими затратами и необходимой точностью;
3. разбивку отдельных элементов сооружений, позиционирование маячных свай и кондукторов для погружения свай ЮОЛС;
4. геодезический контроль правильности возведения сооружения.

### **3.3 Технология строительства ЮОЛС**

В целом строительство ЮОЛС технологически можно разделить на 2 больших этапа:

1. возведение участка 1;
2. возведение участков 2-4.

### 3.3.1 Технология возведения участка 1

Возведение участка 1 должно быть закончено в летнее время до начала ледохода. Строительство данного участка включает в себя следующие работы:

1. Перед началом работ по возведению конструкции участка 1 проводится водолазное обследование дна.
2. С помощью земснаряда намывается дамба, которая будет использоваться в строительный период и так же будет являться заполнением ячейки конструкции на участке 1. Дамба намывается из мелкого песка с откосами положе естественных для предотвращения размыва в строительный период. Отметка верха дамбы составляет +0,500м.
3. Производится геодезическая разбивка, намечаются оси свай трубошпунта.
4. Вибропогружателем, установленном на дамбе, производится погружение труб ШТС до проектных отметок в тело дамбы через одну, затем в промежутки погружаются оставшиеся трубы. После погружения всех труб в конце секции на границе участков 1 и 2 погружается шпунт Ларсена.
5. Производится срезка оголовков свай газопламенным резаком до отметки +1,000м.
6. Монтируются анкерные тяги на отметке +0,500м, производится натяжение анкерных тяг до усилия 10-15кН динамометрическими ключами. Критически важно произвести натяжение до размыва призмы отпора за стенкой, т.к. боковое давление грунта может выдавить стенки трубошпунта. Поэтому, желательно натягивать анкерные тяги сразу же после погружения труб ШТС.
7. Производится срезка оголовков свай газопламенным резаком до отметки +1,000м.
8. Производится выемка грунта ковшебуrom из полостей труб до отметки -3,000м.
9. Производится погружение арматурных каркасов в трубы.
10. Производится заполнение труб бетоном класса В30 W6 F200 до проектной отметки.
11. Производится вибрирование бетона глубинным вибратором.
12. Монтируется съёмная и несъёмная опалубка. Бетонируются Ж.б. оголовки шпунтовых стенок. Бетонирование производится с помощью

совместной работы автобетоносмесителя и бетононасоса. Бетонный завод расположен на берегу.

13. С мористой стороны укладываются бетонные маты на слой тарпаулина с помощью гусеничного крана.

### **3.3.2 Технология возведения участков 2-4**

Технология строительства в зимнее и летнее время неодинакова. Рассмотрим технологию строительства в каждый из периодов.

#### **3.3.2.1 Строительство в летний период Погружение свай**

На участках 2-4 погружение свай происходит с плавсредств. В качестве плавсредства используется баржа. На барже установлены гусеничные краны.

Технологический процесс погружения свай расчётной секции удобно разделить на 2 технологических потока: первый поток погружает трубошпунт ШТС и экранирующие сваи, второй поток – козловые (наклонные) сваи.

**1 поток.** Плавсредство типа ТМИ-5 с двумя гусеничными кранами позиционируется у места производства работ. Погружение свай осуществляется одновременно двух рядов: одним краном осуществляется погружение трубошпунта Ø1420 мм лицевой стенки, другим краном осуществляется погружение свай Ø2520 мм среднего ряда. Погружение ШТС осуществляется с применением направляющего кондуктора на 8 свай, погружение свай среднего ряда – с применением одиночного направляющего кондуктора. Сваи устанавливаются в кондуктор с помощью дистанционных захватов.



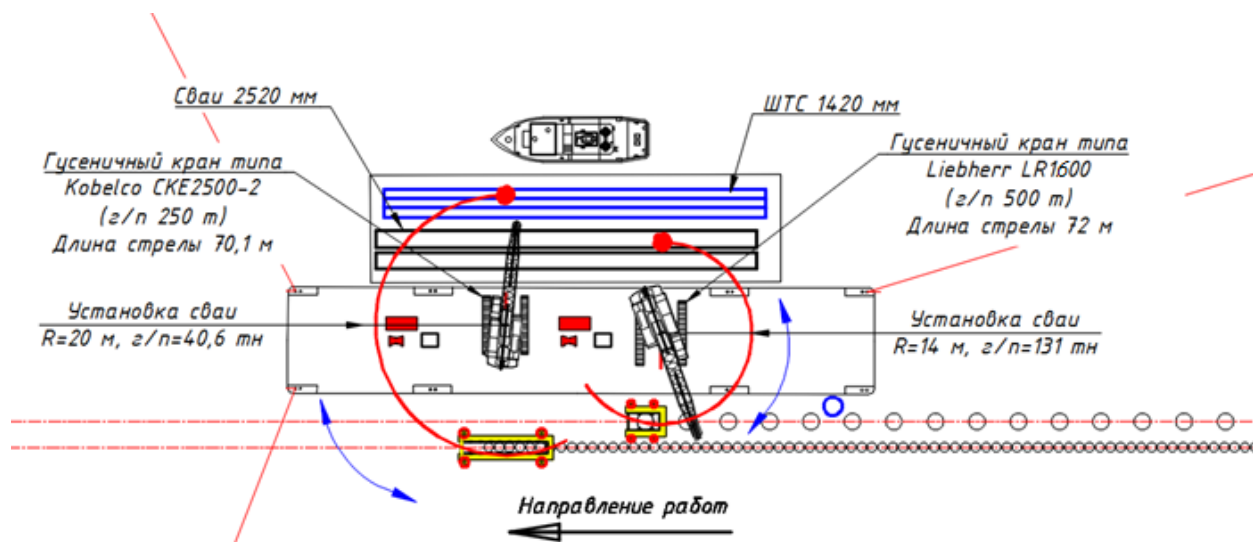


Рисунок 35 Схема организации 1 потока

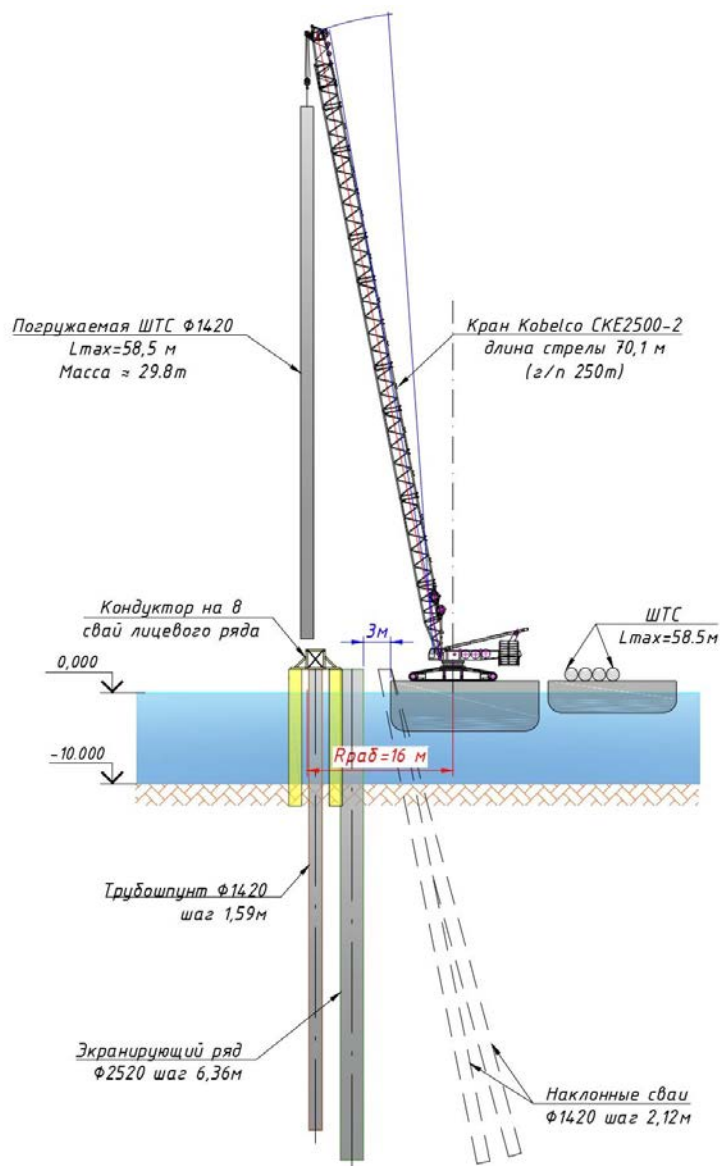


Рисунок 36 Схема погружения труб ШТС

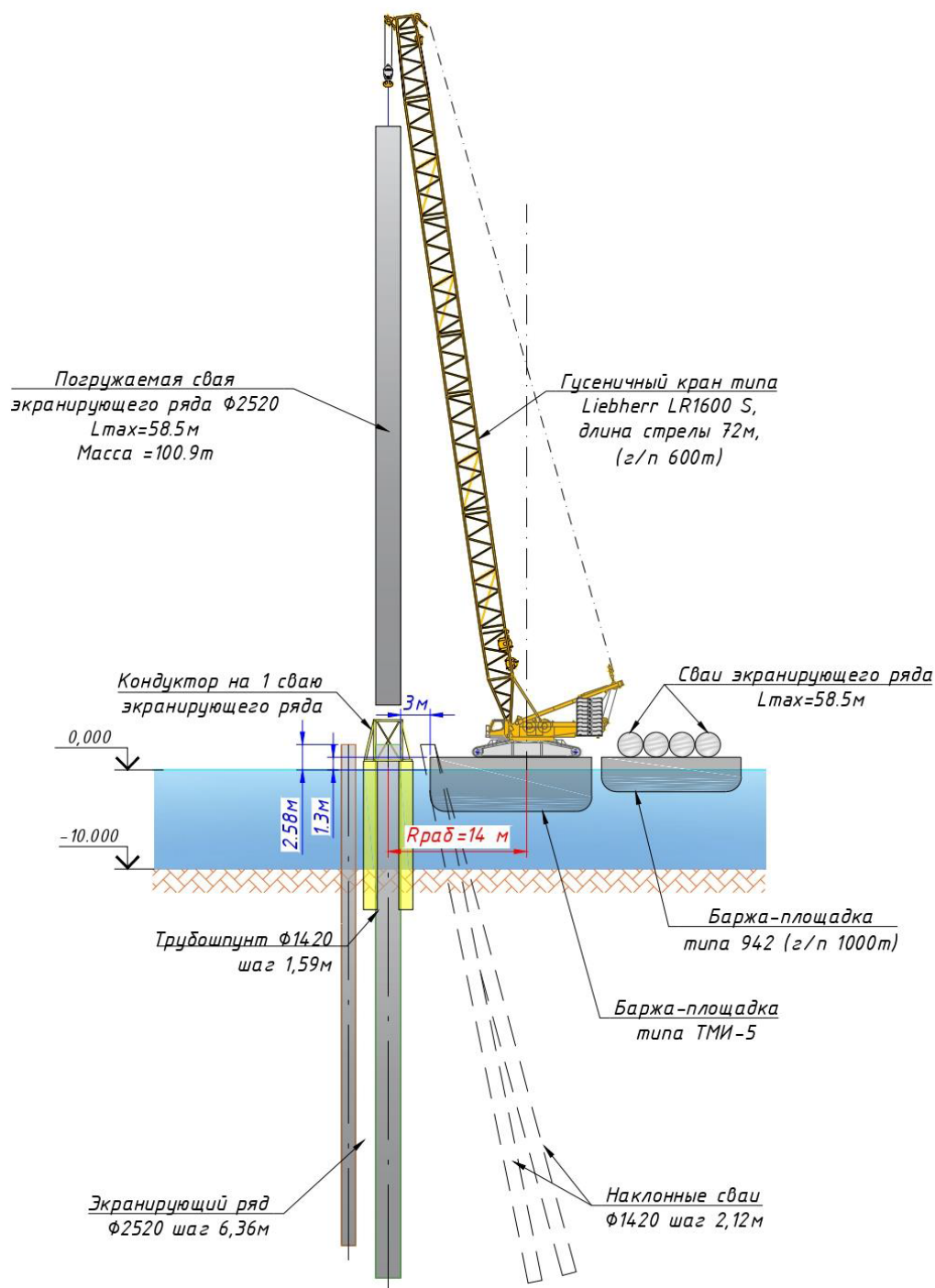


Рисунок 37 Схема погружения свай экраннующего ряда

**2 поток.** После погружения захватки ШТС и свай среднего ряда со стороны лицевой стенки подходит второй поток, погружающий наклонные сваи тыловой стенки. Плавсредство типа Damen Riverstar 6 позиционируется у ранее забитой лицевой стенки. Погружение наклонных свай  $\Phi 1420$  мм осуществляется гусеничным краном с применением специального кондуктора, устанавливаемого на ранее погруженные сваи лицевой стенки и среднего ряда.

Таким образом, два потока погружают сваи параллельно со смещением во времени. Первый поток создаёт фронт работ для второго потока.

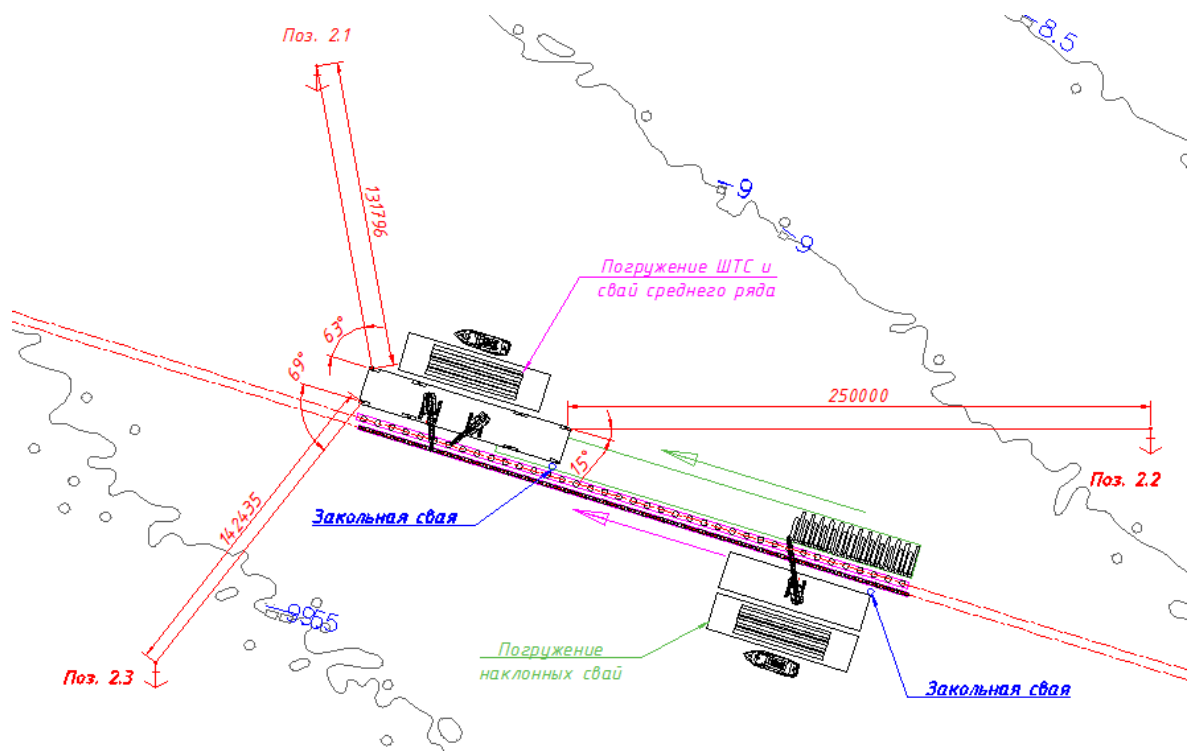


Рисунок 38 Организация 2 потока

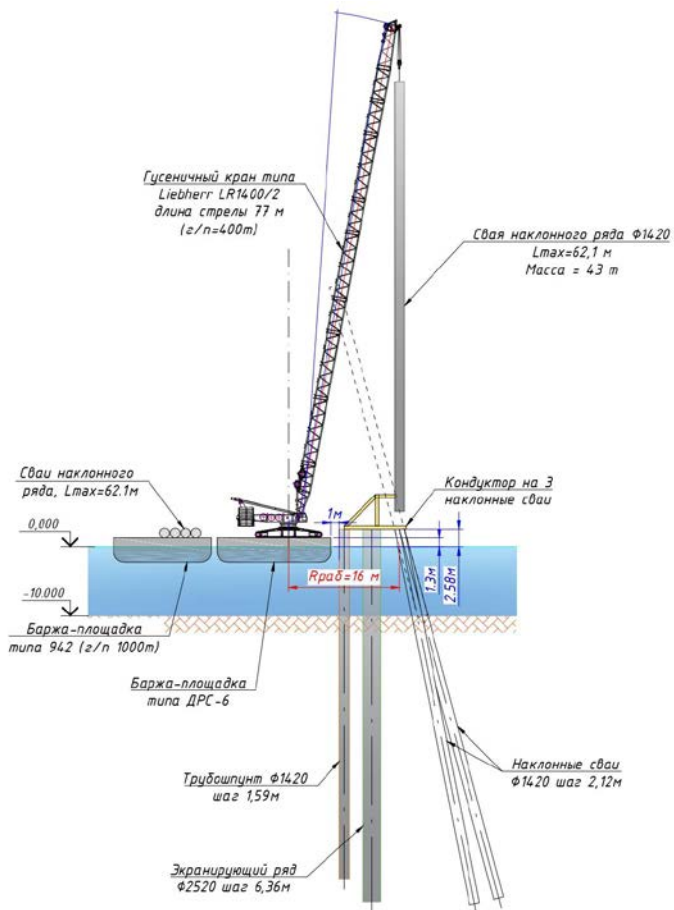


Рисунок 39 Схема погружения наклонной сваи

Работы по погружению свай производятся в следующей последовательности:

1. Осуществляется позиционирование плавсредства с помощью GPS и заведение якорей.
2. Установка направляющего кондуктора. Позиционирование направляющего кондуктора осуществляется геодезистами с использованием ранее созданной опорной геодезической сети или с помощью существующих сооружений в качестве опорных объектов.
3. Заведение сваи в портал направляющего кондуктора гусеничным краном.
4. Установка на голову сваи вибропогружателя и выполнение первого этапа погружения до достижения верха кондуктора, технологического отказа или проектных отметок.
5. В случае достижения технологического отказа на голову сваи осуществляется установка гидравлического молота и выполняется второй этап погружения до достижения проектных отметок.

Этапы 3-5 повторяются для всех свай в кондукторе.

6. Демонтаж направляющего кондуктора.
7. Добивка свай до проектных отметок осуществляется гидравлическим молотом.

После погружения всех свай в зоне работы крана осуществляется перезаведение якорей и позиционирование плавсредства на следующей точке. Таким образом осуществляется перемещение фронта работ.

### **Срезка оголовков свай**

Следующий этап после погружения свай – срезка оголовков. Оголовки свай срезаются газовым резаком до отметки +0,580. Доступ к сваям осуществляется с помощью плавсредства и установленной на нём автолюльки.

### **Армирование свай**

Работы по монтажу арматурного каркаса во внутреннюю полость свай выполняются в следующей последовательности:

1. доставка арматурных каркасов на приобъектный склад;
2. доставка и выгрузка арматурных каркасов с приобъектного склада на плавсредство;
3. выполнение бетонной подготовки из слоя тарпаулина;
4. установка арматурных каркасов во внутреннюю полость свай;

5. временное укрытие конструкции.

Перед монтажом армокаркасов к ним привариваются монтажные крюки из арматуры, предназначенные для строповки и установки армокаркасов в проектное положение в свае. Количество привариваемых монтажных крюков на один армокаркас – не менее 4 шт.

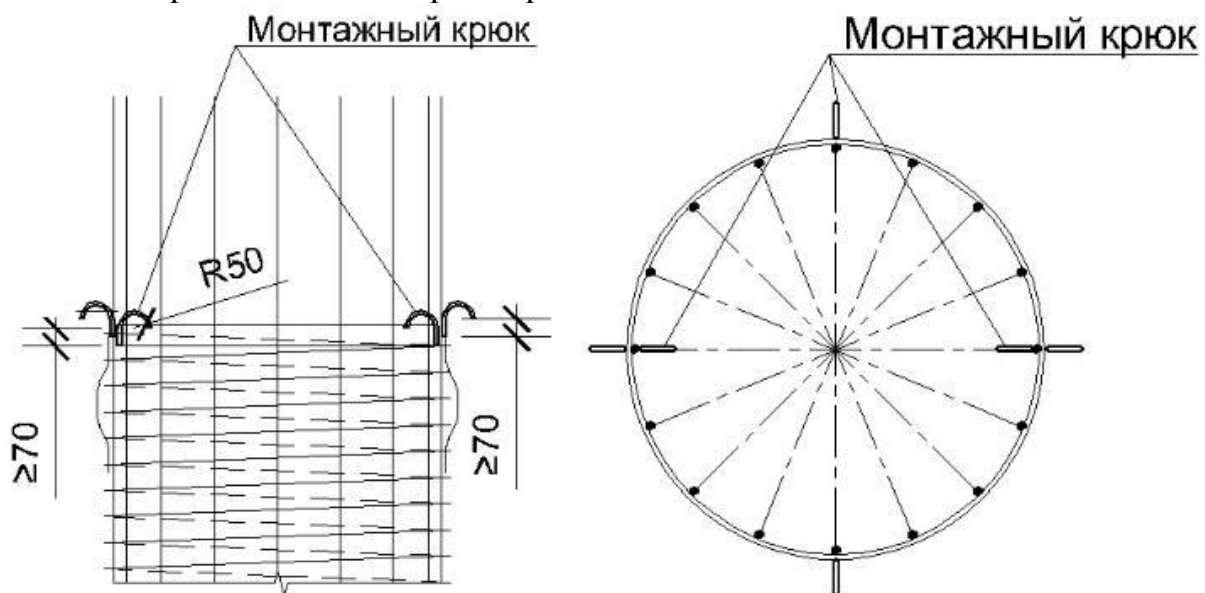


Рисунок 40 Схема закрепления крюков на армокаркасе



Рисунок 41 Монтажный крюк армокаркаса



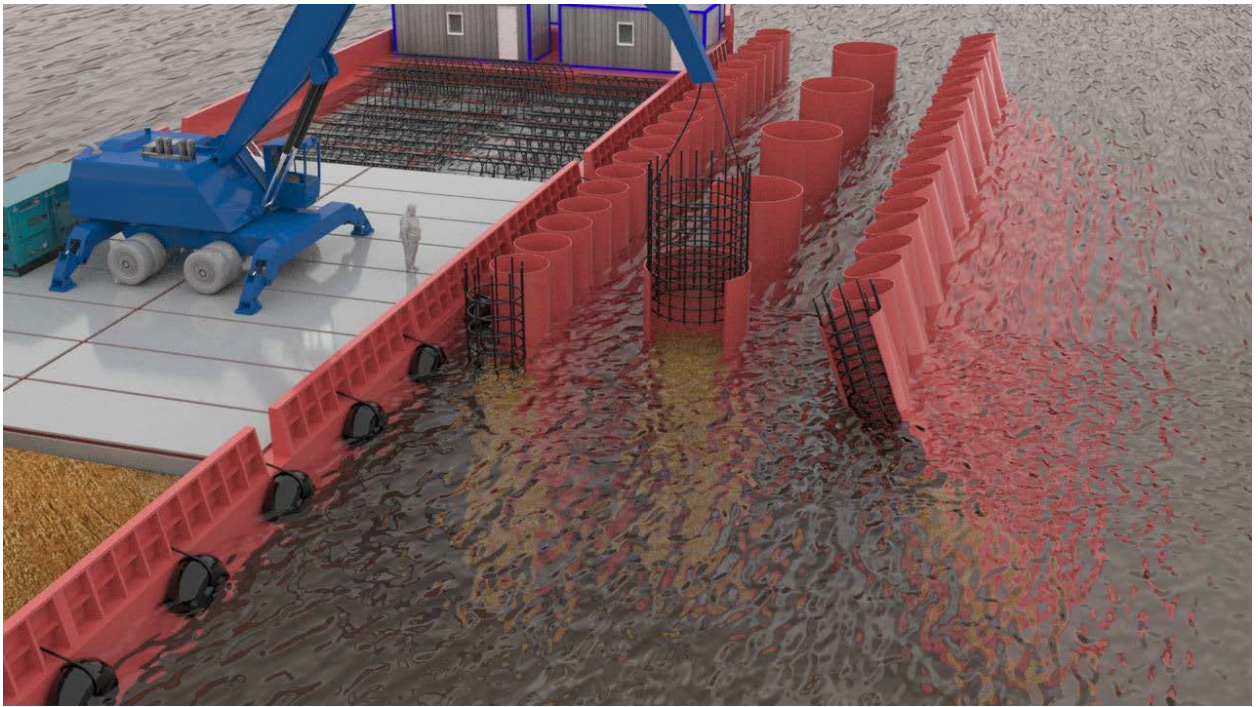


Рисунок 42 Визуализация погружения армокаркаса с плавсредства

### **Бетонирование свай**

Бетонирование свай в летнюю навигацию ведется с плавучего завода, установленного на морской барже типа «Аякс».

На морской барже устанавливается комплекс оборудования для производства, контроля и подачи бетонной смеси непосредственно во внутреннюю полость свай. Баржа «Аякс» оборудуется автокраном г/п 25т, РБУ «Liebherr Compactmix 1.0», автобетононасосом «Schwing S 36» и перегружателем на гусеничном ходу Fuchs 380.

Баржа г/п 700-1000 тн, пришвартованная к основной барже «Аякс», является частью производства, как площадка с материалами. Вторая баржа во время работы производства на море загружается материалами на береговом причале.

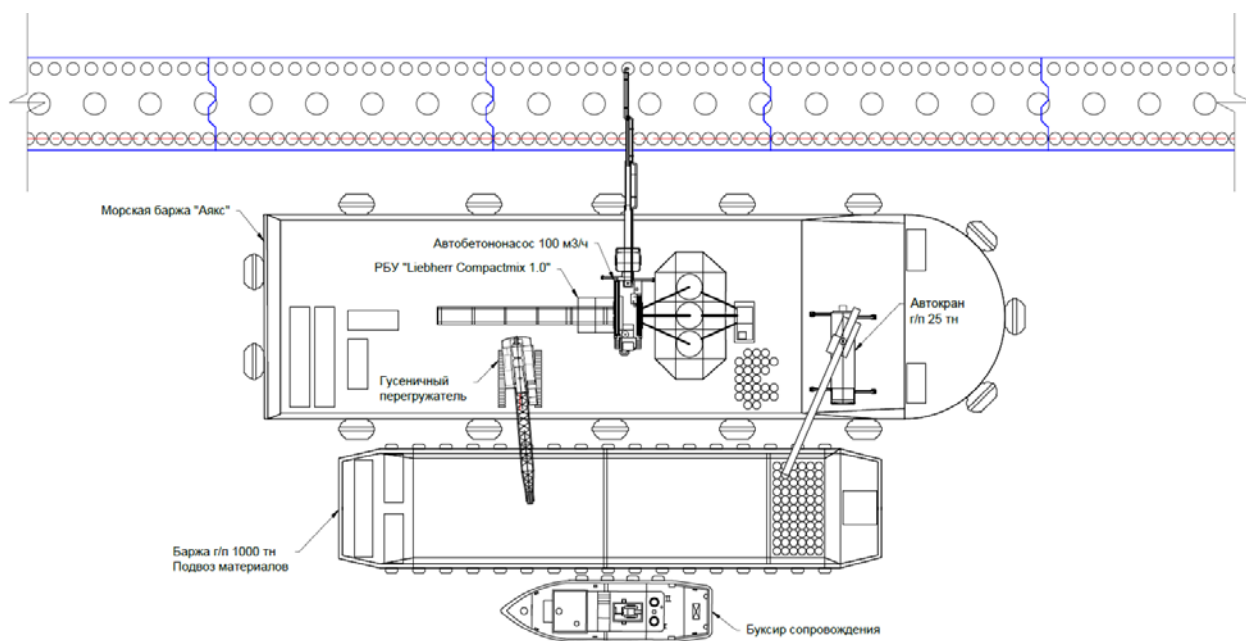


Рисунок 43 Бетонирование свай с плавучим заводом

### Монтаж опалубки верхнего строения

К сваям в верхней части привариваются уголки 100x100x10 ГОСТ 8509-93, к уголкам привариваются двутавры 40Б2 ГОСТ Р 57837-2017 и стальной профилированный лист. Таким образом устраивается несъемная опалубка. Элементы несъемной и щиты съёмной опалубки монтируются с помощью автокрана. Доступ сварщика и монтажника осуществляется с помощью автолюльки, установленной на плавсредстве. Перед бетонированием съёмная опалубка покрывается с внутренней стороны антиадгезионным составом.

### Армирование верхнего строения

Нижняя сетка раскладывается на пластиковые фиксаторы, установленные на профлисте (нижней палубе). К нижней сетке привариваются поддерживающие каркасы, заранее изготовленные в арматурном цеху. Верхние конструктивные и рабочие сетки привариваются к вертикальным стержням поддерживающих каркасов ручной дуговой сваркой согласно чертежам армирования ростверка (лист 9). Арматурные выпуски из свай привариваются по месту ручной дуговой сваркой согласно чертежам конструкции свай (лист 7).

## **Бетонирование верхнего ростверка**

Бетонирование ростверка осуществляется с плавучим заводом по той же схеме, что и бетонирование свай. В процессе бетонирования свежееуложенный бетон вибрируется глубинными вибраторами. Питание вибраторов, сварочных аппаратов и прочего электрооборудования осуществляется от дизель-генератора.

### **3.3.2.2 Особенности возведения сооружения в зимний период**

Перед началом работ в зимний период необходимо выполнить ряд подготовительных работ в тёплый период:

1. Погружение ряда закольных свай. Закольные сваи погружаются на расстоянии 4м от оси ШТС со стороны моря. Закольные сваи служат опорами для технологических площадок.
2. Монтаж первой технологической площадки на погружённые в летнее время ряды экранирующих и закольных свай.
3. Устройство ледовой дороги. Ледовая дорога в зимний период служит для доставки бетона, погружения армокаркасов в полости свай и т.д. и является аналогом производства работ с баржи в летний период. Ледовая дорога устраивается с внешней стороны от ШТС по технологиям, описанным в [13].

### **Погружение свай**

Погружение свай в зимнее время осуществляется с технологических площадок.

Технологическая площадка – стальная конструкция из ферм и настила по ним, предназначенная для установки машин и оборудования на сваи для дальнейшего продвижения сваебойного потока.

В конце летней навигации на первую техплощадку осуществляется монтаж крана. После устройства ледовой дороги при помощи крана на техплощадку осуществляется сборка гусеничного крана и остальных техплощадок. Сборка гусеничного крана осуществляется поэлементно, доставка элементов гусеничного крана и техплощадок к месту монтажа осуществляется по ледовой дороге.

Сваи погружаются с помощью крана и сваебойного оборудования, установленного на техплощадке. По мере погружения свай пустая техплощадка перемещается с помощью крана вперёд. Пустая техплощадка всегда находится сзади от рабочей.



Погружение свай в зимний период, аналогично технологии погружения в летний период, осуществляется двумя потоками.

**1 поток.** 1 поток погружает ШТС и экранирующие сваи. Погружение ШТС осуществляется с помощью кондуктора на 8 свай. Экранирующие сваи погружаются с помощью одиночного кондуктора. После погружения 8 свай ШТС и 2 экранирующих свай перемещаемая техплощадка перебрасывается краном, кран перемещается вперёд на установленную собой же техплощадку, происходит продвижение фронта работ.

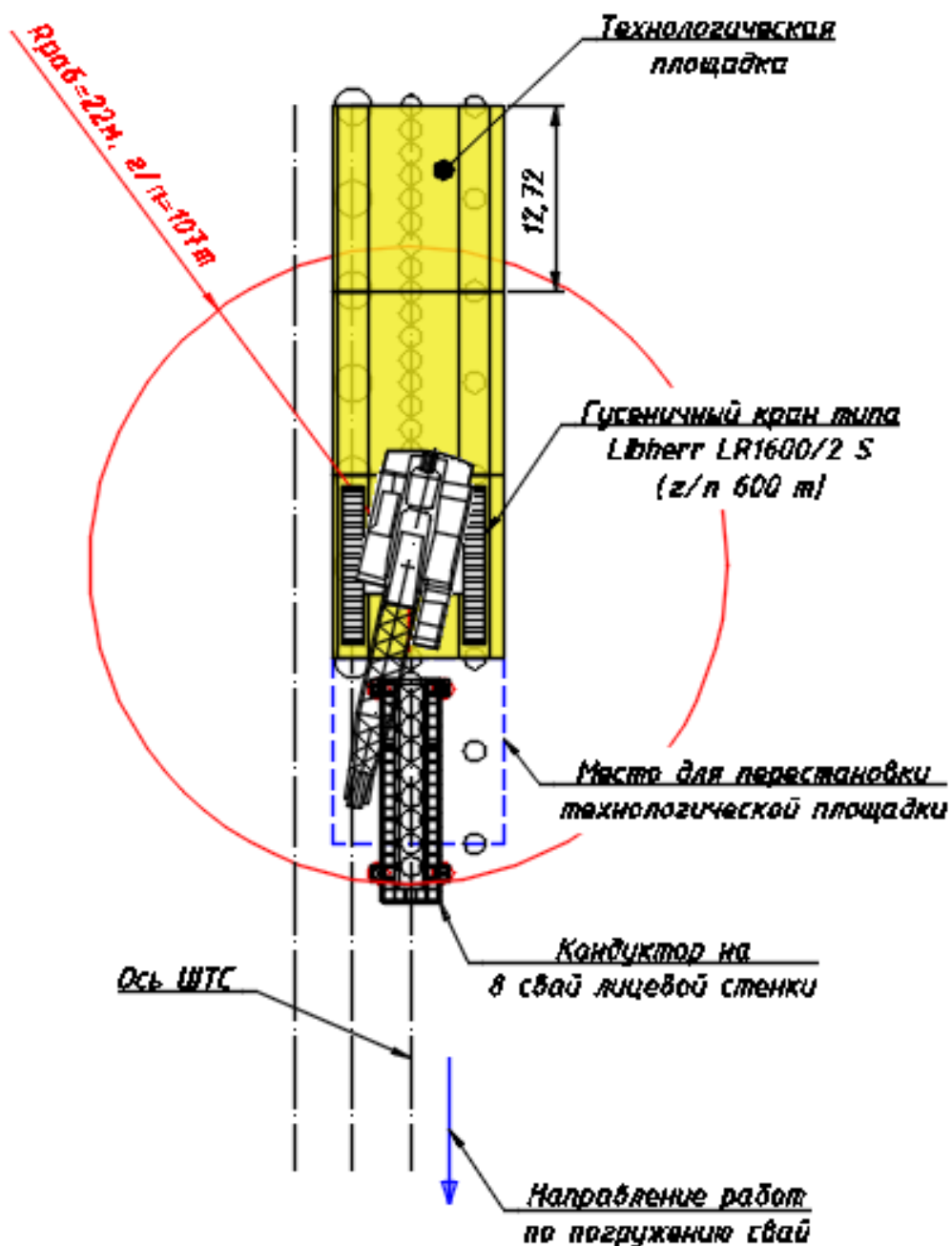


Рисунок 44 схема погружения ШТС и свай экранирующего ряда с техплощадки

**2 поток.** 2 поток погружает наклонные сваи и следует сразу за первым. Погружение наклонных свай осуществляется с помощью кондуктора на 3

сваи. Кондуктор для наклонных свай устанавливается на заранее погружённые стенку ШТС и сваи среднего ряда. После погружения 6 свай перемещаемая техплощадка перебрасывается краном, кран перемещается вперёд на установленную собой же техплощадку, происходит продвижение фронта работ.

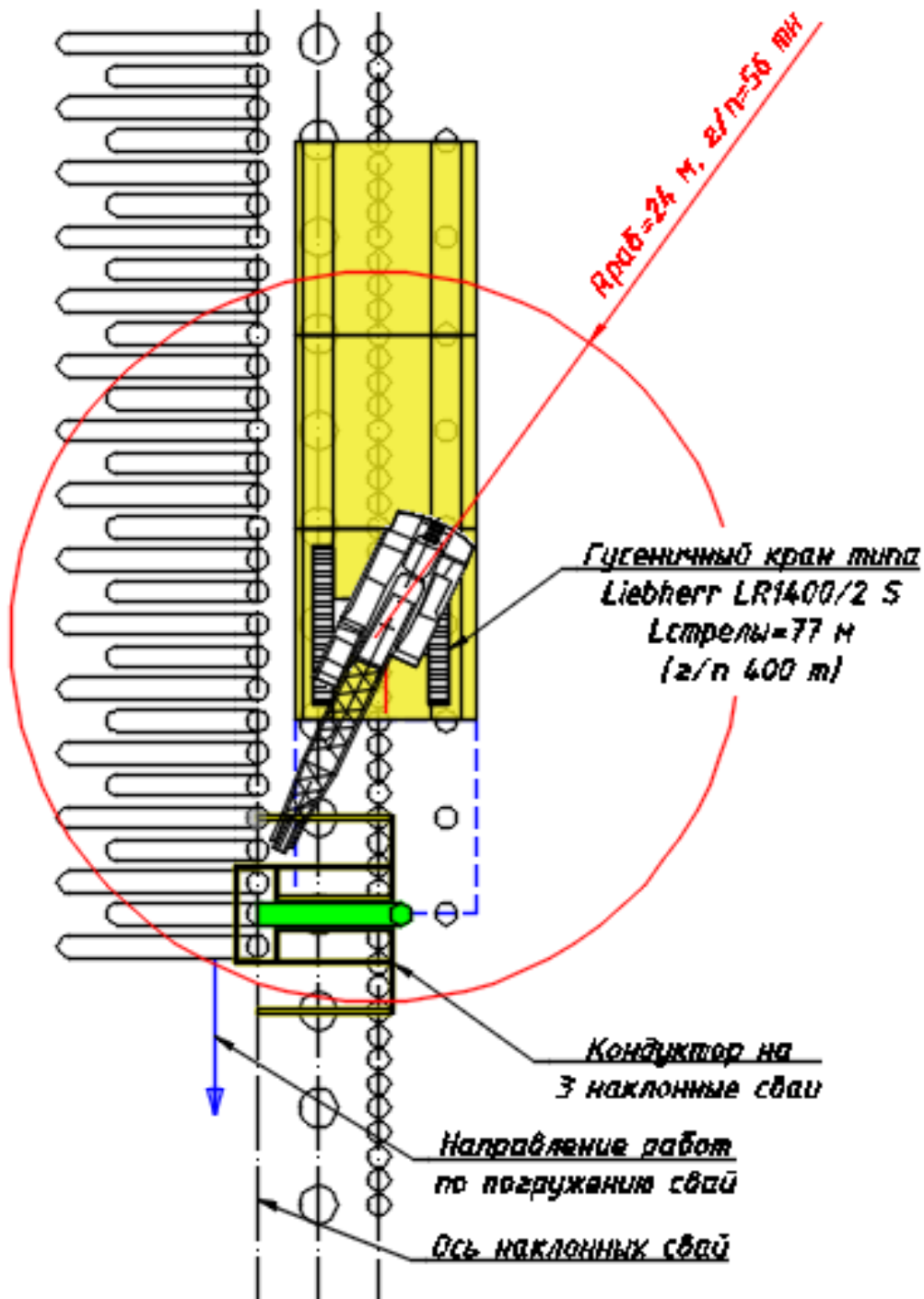


Рисунок 45 схема погружения наклонных свай с техплощадки

Цикл забивки свай такой же, как в летний период. Майна (отверстие во льду для свай) поддерживается с помощью экскаватора с длинной рукоятью.

## **Погружение армокаркасов в полости свай. Бетонирование свай.**

Погружение армокаркасов в полости свай и бетонирование свай осуществляется с ледовой дороги. Армокаркасы погружаются автокраном. Подвоз арматурных изделий осуществляется по ледовой дороге длинномерами. Бетонирование полостей свай осуществляется так же с ледовой дороги с помощью автобетоносмесителей и бетононасоса. Бетон АБС забирают с бетонного завода, работающего в зимнее время на берегу в зоне строительства причальных сооружений.

## **Бетонирование верхнего строения.**

При бетонировании в условиях отрицательных температур в пределах захватки необходимо прогревать зону бетонирования - арматуру, закладные детали и изделия, а также все что будет соприкасаться с бетоном и имеет отношение к строящейся конструкции. Прогрев осуществляется с использованием временного укрытия и тепловых пушек.

До производства работ бетонированное пространство оголовков в пределах захватки должно быть защищено брезентом или аналогичным материалом от попадания строительного мусора, природных осадков и других инородных предметов. В случае если полости не закрыты и на металлических конструкциях, а также на опалубке, арматуре и т.д. образовалась наледь, ее следует удалить перед укладкой бетонной смеси продувкой горячим или сжатым воздухом, или механическим способом. Не допускается для этой цели применять пар.

Для прогрева арматурного каркаса, закладных изделий и закладных деталей, закладываемых в тело бетонированной конструкции, необходимо применять тепляк. Для возможности производства работ необходимо поддерживать температуру внутри тепляка в пределах от +5 до +15°C.

Перед началом работ по бетонированию устанавливаются температурные датчики в полости оголовка верхнего строения. Температурные датчики устанавливаются на арматурный каркас или на специально изготовленном арматурном стержне.

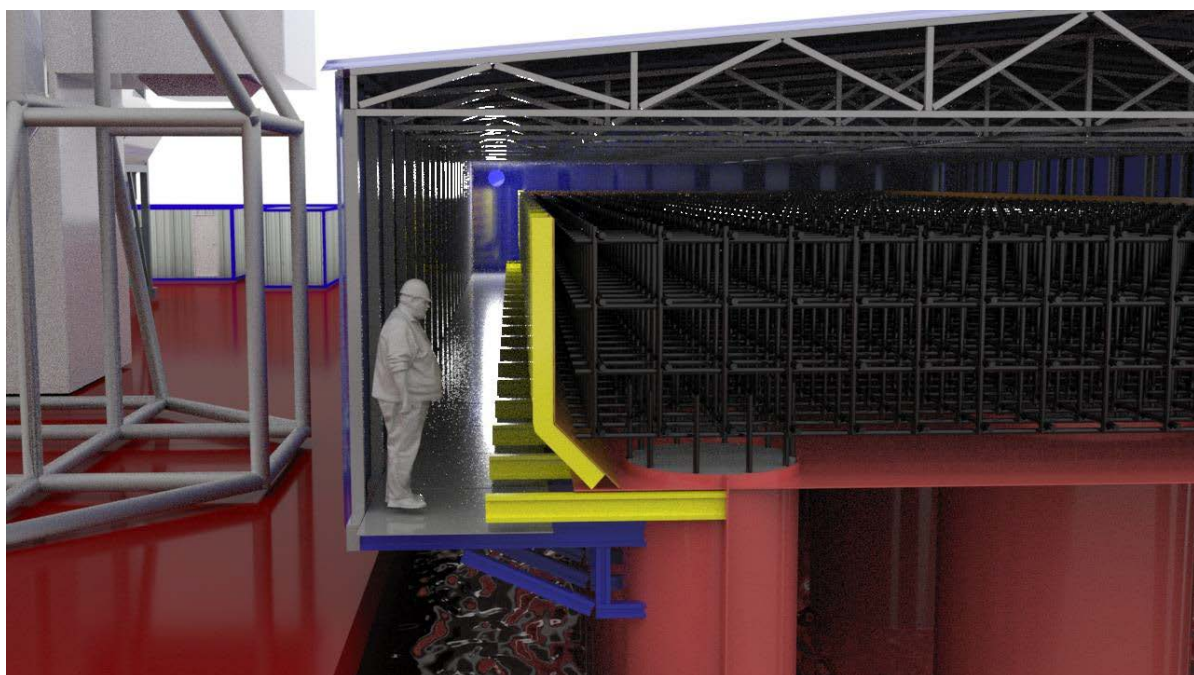


Рисунок 46 Модель опалубки и тепляка

### 3.4 Подбор машин

#### 3.4.1 Гусеничные краны

Определим требуемые характеристики кранов и сведём их в таблицу.

Таблица 30 Характеристики для подбора крана

| Погружаемая свая | Максимальная длина сваи | Масса погружаемой сваи | Требуемый вылет крюка | Требуемая высота подъёма крюка (с учётом ГЗП) | Требуемая грузоподъёмность (с учётом ГЗП и вибропогрузателя) |
|------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|---|--|
| ШТС              | 40,9м                   | 19,8т                  | 16м                   | $40,9+3=43,9\text{м}$                         | 40,6т  |
| Экранирующий ряд | 55,3м                   | 95,16т                 | 14м                   | $55,3+3=58,3\text{м}$                         | 115,76т  |
| Тыловой ряд      | 58,9м                   | 40,46т                 | 14,5м                 | $58,9+3=61,9\text{м}$                         | 61,3т  |

#### Кран для погружения ШТС и свай тылового ряда

Для погружения ШТС и свай тылового ряда принимаем гусеничный кран Kobelco СКЕ2500-2. Грузовысотные характеристики представлены на графике ниже.

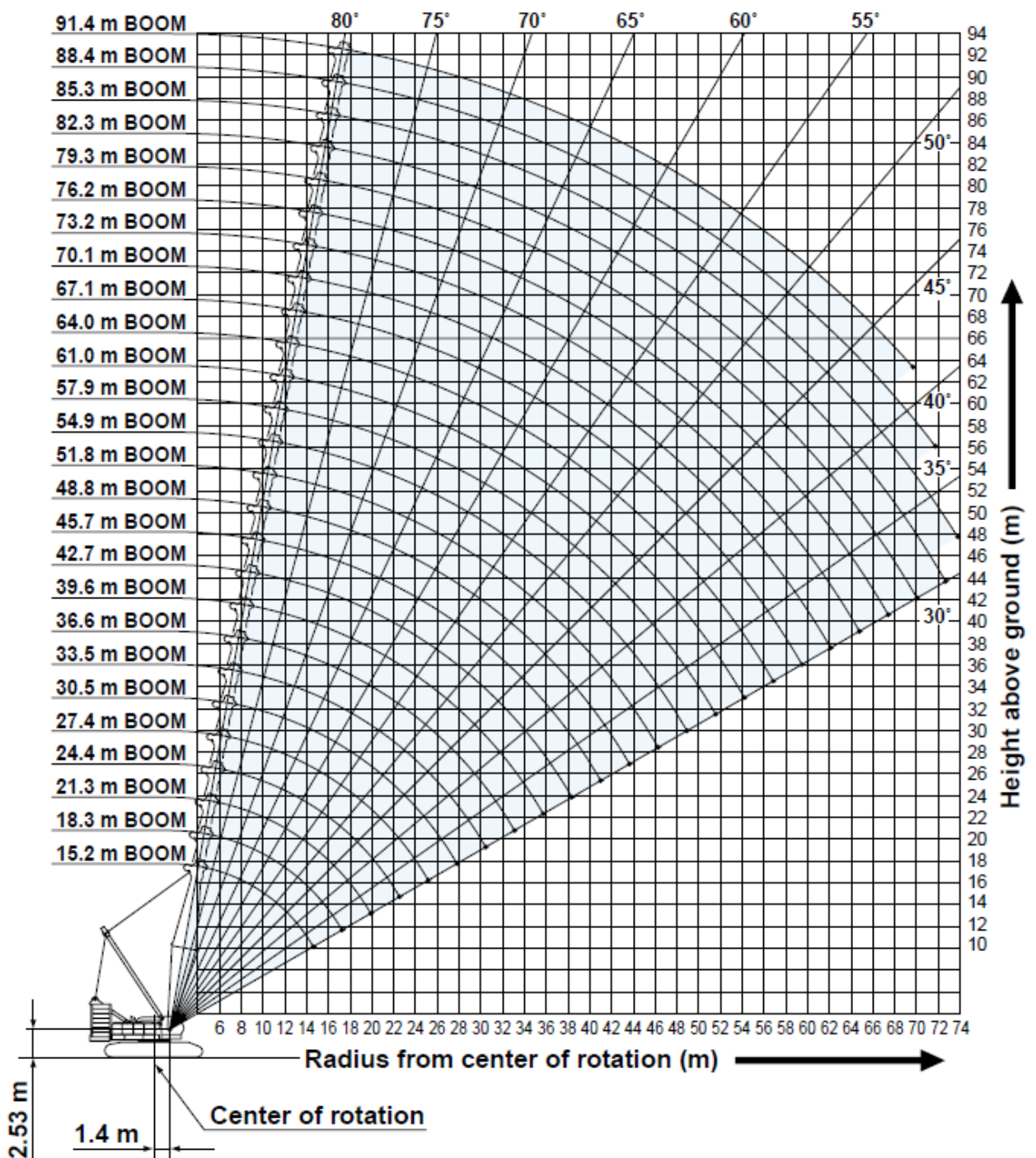


Рисунок 47 грузовысотные характеристики крана Kobelco SKE2500-2

По данному графику и требуемым характеристикам (Таблица 30) принимаем стрелу 45,7м и 64м для погружения ШТС и свай тылового ряда соответственно. Характеристики грузоподъёмности представлены ниже.



| Грузоподъемность стрелы крана |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | Противовес: 90,4т                    |                   |
|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------------------------------|-------------------|
|                               |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | Балласт: 27,5т                       |                   |
|                               |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | Единица измерения: метрические тонны |                   |
| Полная длина стрелы, м        | 15,2       | 18,3       | 21,3       | 24,4       | 27,4       | 30,5       | 33,5       | 36,6       | 39,6       | 42,7       | 45,7       | 48,8       | 51,8                                 | Длина стрелы, м   |
| Рабочий радиус, м             | 4,6м/250,0 |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                                      | Рабочий радиус, м |
| 4,6                           | 4,6м/250,0 |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                                      | 4,6               |
| 5,0                           | 230,7      | 5,0м/226,7 | 5,5м/205,0 |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                                      | 5,0               |
| 6,0                           | 191,5      | 191,5      | 191,1      | 6,1м/183,0 | 6,6м/174,5 |            |            |            |            |            |            |            |                                      | 6,0               |
| 7,0                           | 165,9      | 165,6      | 165,2      | 165,0      | 164,7      | 7,1м/154,2 | 7,7м/143,8 |            |            |            |            |            |                                      | 7,0               |
| 8,0                           | 146,1      | 145,8      | 145,4      | 145,2      | 144,9      | 144,6      | 141,4      | 8,2м/127,3 | 8,7м/115,7 |            |            |            |                                      | 8,0               |
| 9,0                           | 130,4      | 130,1      | 129,8      | 129,6      | 129,2      | 127,0      | 127,3      | 123,8      | 114,8      | 9,2м/107,2 | 9,8м/98,3  |            |                                      | 9,0               |
| 10,0                          | 117,7      | 117,4      | 117,1      | 116,9      | 114,7      | 115,0      | 113,3      | 110,5      | 107,4      | 103,8      | 97,0       | 10,3м/92,6 | 10,8м/84,7                           | 10,0              |
| 12,0                          | 90,0       | 90,2       | 90,2       | 90,2       | 90,2       | 90,1       | 90,0       | 89,9       | 87,8       | 85,9       | 83,8       | 82,0       | 79,5                                 | 12,0              |
| 14,0                          | 72,2       | 72,4       | 72,4       | 72,4       | 72,3       | 72,2       | 72,1       | 72,0       | 72,0       | 72,0       | 70,8       | 69,4       | 68,0                                 | 14,0              |
| 16,0                          | 14,8м/65,7 | 60,2       | 60,2       | 60,2       | 60,0       | 59,9       | 59,8       | 59,8       | 59,7       | 59,6       | 59,4       | 59,3       | 58,7                                 | 16,0              |
| 18,0                          |            | 17,5м/53,5 | 51,3       | 51,3       | 51,1       | 51,1       | 50,9       | 50,8       | 50,7       | 50,7       | 50,4       | 50,3       | 50,2                                 | 18,0              |
| 20,0                          |            |            | 44,6       | 44,6       | 44,4       | 44,3       | 44,1       | 44,0       | 43,9       | 43,9       | 43,6       | 43,5       | 43,4                                 | 20,0              |
| 22,0                          |            |            | 20,1м/44,3 | 39,3       | 39,1       | 39,0       | 38,7       | 38,7       | 38,6       | 38,5       | 38,3       | 38,2       | 38,0                                 | 22,0              |
| 24,0                          |            |            |            | 22,7м/37,6 | 34,8       | 34,7       | 34,5       | 34,4       | 34,3       | 34,2       | 34,0       | 33,8       | 33,7                                 | 24,0              |
| 26,0                          |            |            |            |            | 25,4м/32,3 | 31,3       | 30,9       | 30,8       | 30,7       | 30,7       | 30,4       | 30,3       | 30,1                                 | 26,0              |
| 28,0                          |            |            |            |            |            | 28,0м/28,3 | 28,0       | 27,9       | 27,8       | 27,7       | 27,4       | 27,3       | 27,1                                 | 28,0              |
| 30,0                          |            |            |            |            |            |            | 25,5       | 25,4       | 25,2       | 25,2       | 24,9       | 24,8       | 24,6                                 | 30,0              |
| 32,0                          |            |            |            |            |            |            | 30,7м/24,8 | 23,4       | 23,1       | 23,0       | 22,7       | 22,6       | 22,4                                 | 32,0              |
| 34,0                          |            |            |            |            |            |            |            | 33,3м/22,1 | 21,2       | 21,1       | 20,8       | 20,7       | 20,5                                 | 34,0              |
| 36,0                          |            |            |            |            |            |            |            |            | 35,9м/19,7 | 19,5       | 19,2       | 19,1       | 18,9                                 | 36,0              |
| 38,0                          |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 18,0       | 17,7       | 17,6       | 17,4                                 | 38,0              |
| 40,0                          |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 38,6м/17,6 | 16,4       | 16,3       | 16,1                                 | 40,0              |
| 42,0                          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 41,2м/15,7 | 15,2       | 14,9                                 | 42,0              |
| 44,0                          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 43,9м/14,2 | 13,9                                 | 44,0              |
| 46,0                          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 13,0                                 | 46,0              |
| 48,0                          |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            | 46,5м/12,8                           | 48,0              |
| Запасовка                     | 22         | 18         | 16         | 14         | 14         | 12         | 12         | 10         | 10         | 8          | 8          | 7          | 7                                    | Запасовка         |

Рисунок 48 Характеристики грузоподъёмности крана Kobelco СКЕ2500-2

При вылете стрелы 16м грузоподъёмность составляет 50,4т.

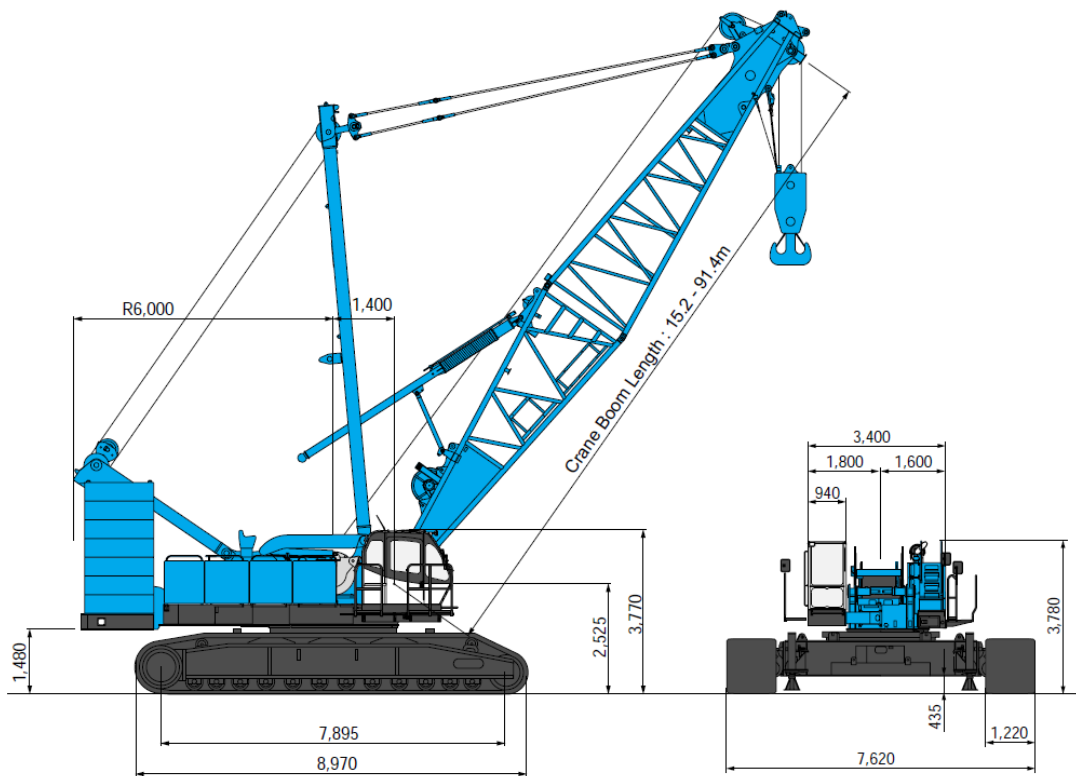


Рисунок 49 Габаритные размеры крана Kobelco СКЕ2500-2

## Кран для погружения свай экранирующего ряда

Для погружения свай экранирующего ряда принимаем гусеничный кран Liebherr LR1600. Грузовысотные характеристики представлены на графике ниже.

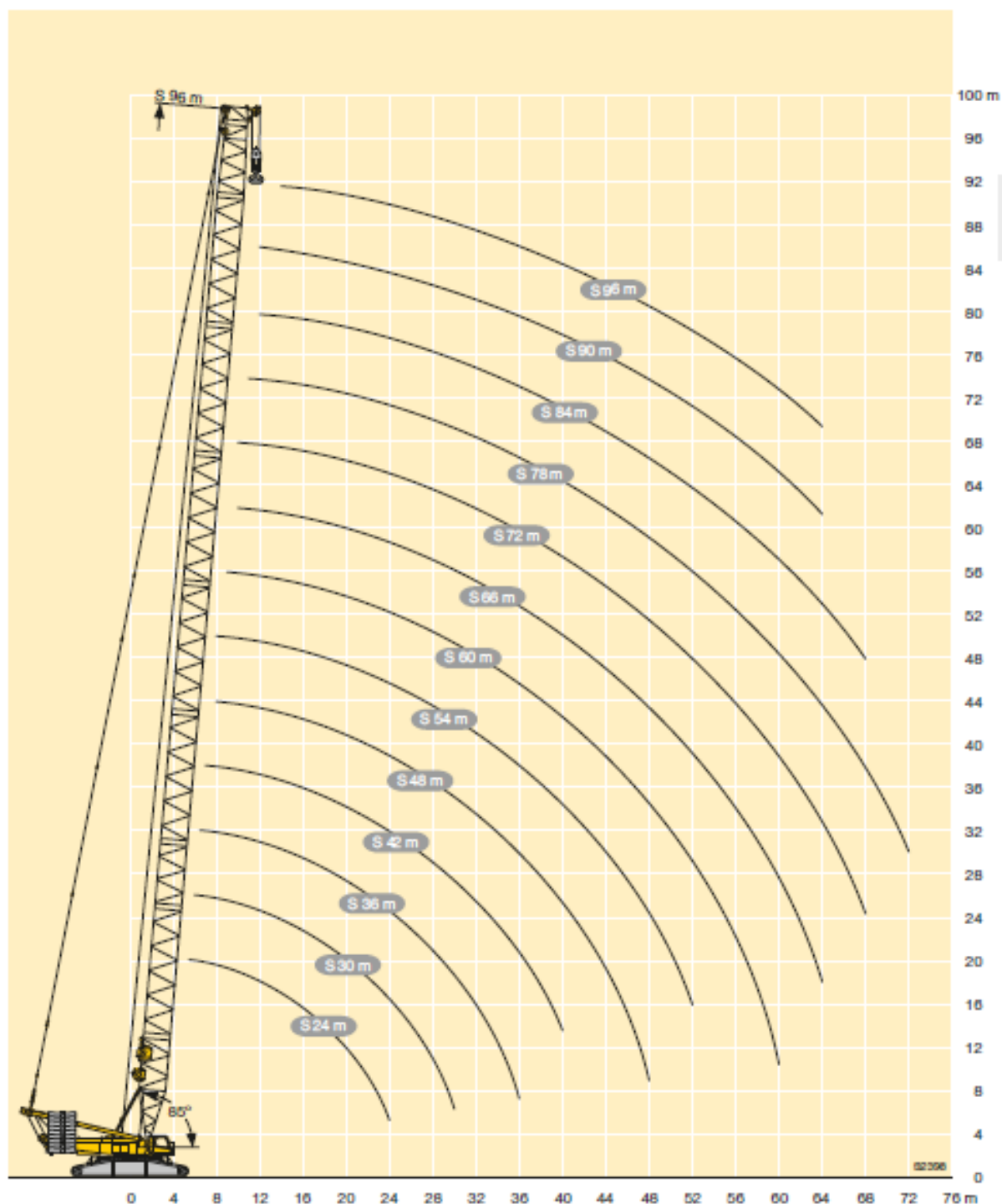


Рисунок 50 Грузовысотные характеристики крана LR1600

По данному графику и требуемым характеристикам (Таблица 30) принимаем стрелу длиной 66м. Характеристики грузоподъемности представлены ниже.

| m   | S 24 | S 30 | S 36 | S 42 | S 48 | S 54 | S 60 | S 66 | S 72 | S 78 | S 84 | S 90 | S 96 | m   |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 5,5 | 600  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5,5 |
| 6   | 571  | 568  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6   |
| 6,5 | 534  | 529  | 522  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6,5 |
| 7   | 500  | 493  | 490  | 481  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 7   |
| 8   | 439  | 436  | 431  | 426  | 420  | 409  |      |      |      |      |      |      |      | 8   |
| 9   | 385  | 386  | 382  | 379  | 372  | 368  | 357  |      |      |      |      |      |      | 9   |
| 10  | 346  | 343  | 338  | 337  | 335  | 327  | 313  | 301  | 289  |      |      |      |      | 10  |
| 11  | 311  | 306  | 306  | 300  | 300  | 289  | 279  | 268  | 258  | 246  |      |      |      | 11  |
| 12  | 278  | 280  | 274  | 275  | 268  | 259  | 250  | 241  | 232  | 225  | 209  | 191  |      | 12  |
| 14  | 223  | 222  | 222  | 222  | 221  | 213  | 206  | 199  | 193  | 187  | 181  | 167  | 154  | 14  |
| 16  | 181  | 181  | 180  | 180  | 179  | 179  | 174  | 169  | 163  | 159  | 154  | 149  | 138  | 16  |
| 18  | 152  | 152  | 151  | 150  | 150  | 149  | 148  | 145  | 140  | 137  | 133  | 128  | 124  | 18  |
| 20  | 130  | 130  | 129  | 128  | 127  | 127  | 126  | 125  | 122  | 119  | 116  | 112  | 109  | 20  |
| 22  | 113  | 113  | 112  | 111  | 110  | 110  | 109  | 108  | 107  | 105  | 102  | 98   | 95   | 22  |
| 24  | 100  | 100  | 99   | 98   | 97   | 96   | 95   | 94   | 93   | 93   | 90   | 86   | 84   | 24  |
| 26  |      | 89   | 88   | 87   | 86   | 85   | 84   | 83   | 82   | 82   | 80   | 77   | 75   | 26  |
| 28  |      | 80   | 79   | 78   | 77   | 76   | 75   | 73   | 72   | 72   | 71   | 68   | 66   | 28  |
| 30  |      | 72   | 71   | 70   | 69   | 68   | 67   | 66   | 64   | 64   | 63   | 61   | 59   | 30  |
| 32  |      |      | 65   | 63   | 62   | 61   | 60   | 59   | 58   | 58   | 57   | 55   | 53   | 32  |
| 34  |      |      | 59   | 58   | 57   | 56   | 54   | 53   | 52   | 52   | 51   | 49   | 47,5 | 34  |
| 36  |      |      | 54   | 53   | 52   | 51   | 49,5 | 48   | 47   | 46,5 | 45,5 | 44   | 42,5 | 36  |
| 38  |      |      |      | 48,5 | 47,5 | 46   | 45   | 43,5 | 42,5 | 42   | 41   | 39,5 | 38,5 | 38  |
| 40  |      |      |      | 45   | 43,5 | 42,5 | 41   | 39,5 | 38,5 | 38   | 37   | 35   | 34,5 | 40  |
| 44  |      |      |      |      | 37   | 36   | 34,5 | 33   | 31,5 | 31   | 29,6 | 27,9 | 27,2 | 44  |
| 48  |      |      |      |      | 32   | 30,5 | 29   | 27,2 | 25,6 | 25,2 | 23,7 | 22   | 21,2 | 48  |
| 52  |      |      |      |      |      | 26,2 | 24,3 | 22,5 | 20,8 | 20,4 | 18,8 | 17   | 16,3 | 52  |
| 56  |      |      |      |      |      |      | 20,5 | 18,5 | 16,7 | 16,3 | 14,7 | 12,9 | 12,1 | 56  |
| 60  |      |      |      |      |      |      | 17,4 | 15,2 | 13,3 | 12,8 | 11,2 | 9,4  | 8,5  | 60  |
| 64  |      |      |      |      |      |      |      | 12,5 | 10,5 | 9,9  | 8,2  | 6,3  | 5,5  | 64  |
| 68  |      |      |      |      |      |      |      |      | 8    | 7,3  | 5,6  |      |      | 68  |
| 72  |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5,2  |      |      |      | 72  |

TAB 181009

Рисунок 51 Характеристики грузоподъёмности крана Liebherr LR1600

При вылете стрелы 14м грузоподъёмность составляет 199т.



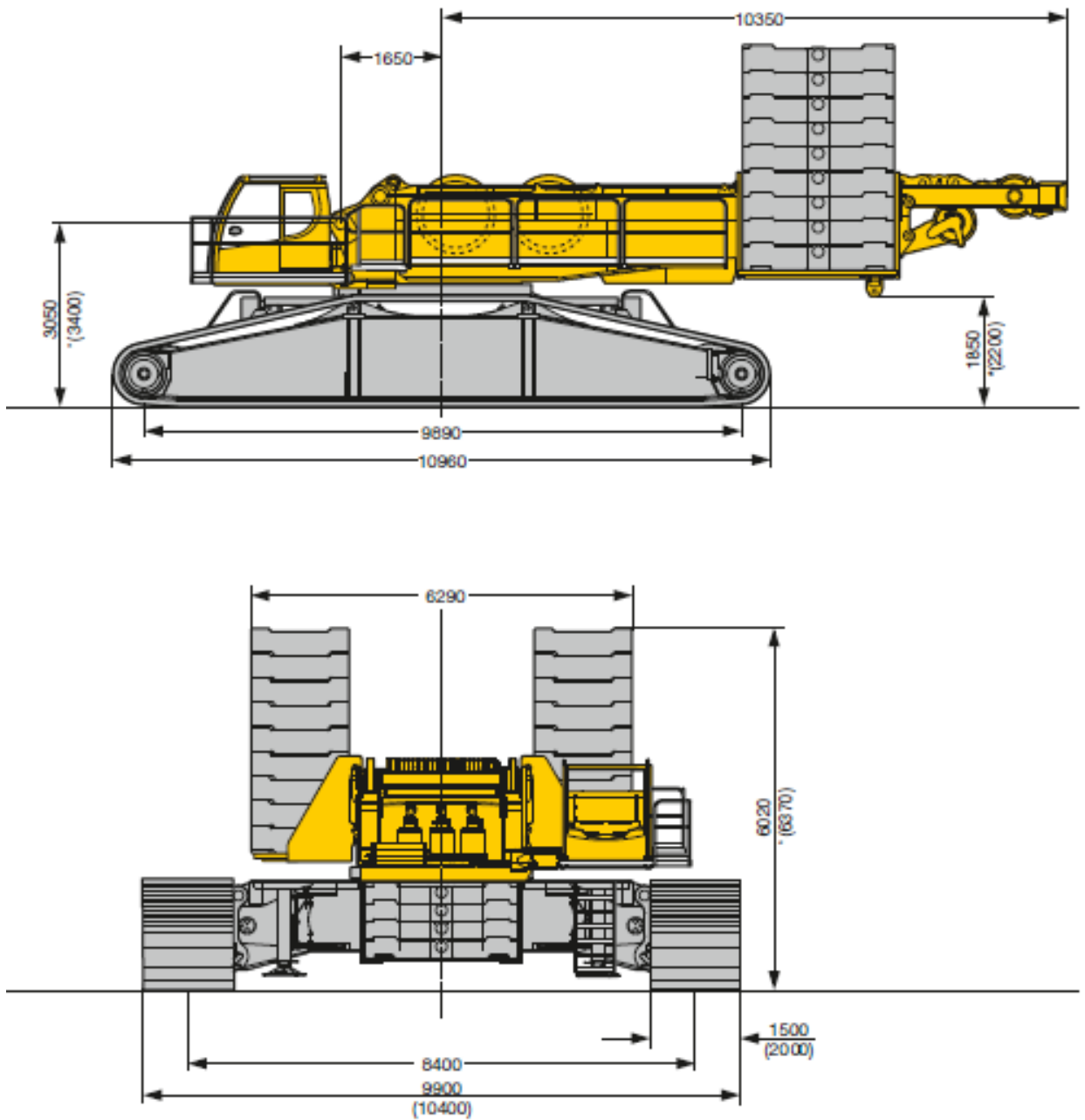


Рисунок 52 Габаритные размеры крана Liebherr LR1600

Определение границ опасных зон работы кранов в нашем случае не имеет смысла, т.к. границы опасных зон выходят за габариты барж, на которых работают краны.

### 3.4.2 Плавсредства

Для погружения свай ШТС и экранирующего ряда примем баржу ТМИ-5.

Таблица 31 Технические характеристики баржи ТМИ-5

|  |                        |
|--|------------------------|
| Длина габаритная                                   | 90,35м.                |
| Длина наибольшая                                   | 90м.                   |
| Ширина габаритная                                  | 16,5м.                 |
| Ширина наибольшая                                  | 16,3м.                 |
| Высота борта                                       | 5,3м.                  |
| Осадка по летнюю грузовую марку                    | 2,5м.                  |
| Грузоподъемность при осадке 2,5 м.                 | 2000т.                 |
| Дедвейт  | 2399т.                 |
| Водоизмещение при плавании морем при осадке 2,5 м. | 3529т.                 |
| Водоизмещение порожнем                             | 1130 т.                |
| Осадка минимальная при переходе морем              | 2м.                    |
| Дизель-генератор: №1                               | 50кВт.                 |
| Дизель-генератор: №2                               | 50кВт.                 |
| Дизель-генератор: №3                               | 25кВт.                 |
| Площадь палубы - общая                             | 1467м <sup>2</sup> .   |
| Площадь палубы - полезная                          | 1320 м <sup>2</sup> .  |
| Допускаемая нагрузка на палубу                     | 10 т./м <sup>2</sup> . |
| на полосе 1,5м.от борта                            | 15 т./м <sup>2</sup>   |
| Нагрузка на штатные рымы                           | 15т.                   |
| Тяговое усилие на буксирное устройство             | 25,5т.                 |
| Балластных отсеков                                 | 14шт.                  |

## Определение нагрузки на палубу

*Нагрузка от кранов.* На барже будет одновременно работать гусеничный кран Kobelco СКЕ2500-2 массой 213т и гусеничный кран Liebherr LR1600 массой 472т. Суммарная нагрузка от кранов  $213+472=685$ т.

*Нагрузка от труб.* На палубе будут одновременно находиться труба ШТС массой 19,7т и свая ЭР массой 81,4т. Суммарная нагрузка от труб  $19,7 + 81,4=101,1$ т.

*Нагрузка от оборудования.* На палубе будет находиться следующее сваебойное оборудование: гидромолот ИНС S-280 массой 44т и вибропогрузатель РТС 200 HD массой 20,6т. Суммарная нагрузка от оборудования  $44+20,6=64,6$ т.

Добавим в запас 4 тонны, тогда суммарная нагрузка на палубу составит:  $\Sigma Q = 685 + 101,1 + 64,6 + 4 = 854,7$ т. Площадь палубы  $S_{\text{палубы}}=90 \cdot 16,3=1467\text{м}^2$ .

Распределённая по площади нагрузка  $\frac{\Sigma Q}{S_{\text{палубы}}} = \frac{854,7}{1467} = 0,58\text{т/м}^2$ , что почти в 20 раз меньше допустимой нагрузки на палубу (см. таблицу 31).

Для погружения свай тылового ряда примем баржу Damen Riverstar 6.

### 3.5 Продолжительность строительства расчётной секции

#### 3.5.1 Затраты времени на погружение свай

В пределах расчётной секции погружается:

1. 20 труб ШТС длиной  $l_1=40,9\text{м}$ ;
2. 5 свай ЭР длиной  $l_2=55,3\text{м}$ ;
3. 15 свай тылового ряда длиной  $l_3=58,9\text{м}$ .

1-й сваебойный поток погружает ШТС и сваи ЭР. Работы ведутся с одного плавсредства. Пока один кран погружает 8 свай в кондукторе, второй кран погружает сваю ЭР, перемещает кондуктор и погружает вторую сваю ЭР. Объём работ по погружению ШТС в пределах фронта работ составляет  $8l_1=327,2\text{м}$ . Объём работ по погружению свай ЭР в пределах одного фронта работ составляет  $2l_2=110,6\text{м}$ . Из этого следует, что фактором, влияющим на перемещение фронта работ и, следовательно, на временные затраты, является погружение ШТС. В пределах секции объём работ по погружению ШТС составляет  $20l_1=818\text{м}$ .

2-й сваебойный поток погружает сваи тылового ряда и начинает работу после погружения 8 труб ШТС и 2 свай ЭР. Объем работ по погружению свай тылового ряда в пределах секции составит  $15l_3=883,5\text{м}$ .

Норму времени по погружению свай принимаем  $H_{гр}=10\text{мин/м}$  исходя из опыта строительства аналогичных сооружений с аналогичными грунтовыми условиями. В норму времени включены затраты времени на перезаведение кондукторов, позиционирование плавсредства и потери времени при технологических отказах.

Таким образом, продолжительность работы 1го сваебойного потока составит  $T_1 = H_{вр} \cdot 20l_1 = 10 \cdot 818 = 8180\text{мин} = 137\text{ч}$ . Продолжительность работы второго сваебойного потока составит  $T_2 = H_{вр} \cdot 15l_3 = 10 \cdot 883,5 = 8835\text{мин} = 148\text{ч}$ .

Срезка оголовков свай производится параллельно с погружением свай и на продолжительность строительства не влияет.

### 3.5.2 Затраты времени на погружение армокаркасов и заполнение бетоном полостей свай

Затраты времени на данную технологическую операцию зависят от производительности бетонного завода. Проанализировав информацию о пропускной способности нескольких бетонных заводов в открытых источниках, принимаем производительность бетонного завода  $70\text{м}^3/\text{ч}$ .

Определим объемы бетонирования. Высота бетонных пробок в сваях 3,6м. Суммарный объем бетонирования составит с учетом толщин стенок составит:

$$\Sigma V = 20V_1 + 5V_2 + 15V_3$$

где:  $V_1 = 3,14 \cdot \frac{1,392^2}{4} \cdot 3,6 = 5,5\text{м}^3$  – объем бетонной пробки в ШТС;

$V_2 = 3,14 \cdot \frac{2,464^2}{4} \cdot 3,6 = 17,2\text{м}^3$  – объем бетонной пробки в свае ЭР;

$V_3 = 3,14 \cdot \frac{1,38^2}{4} \cdot 3,6 = 5,4\text{м}^3$  – объем бетонной пробки в свае тылового ряда.  
3,6 – высота пробки.

$$\Sigma V = 20 \cdot 5,5 + 5 \cdot 17,2 + 15 \cdot 5,4 = 277\text{м}^3$$

Таким образом, продолжительность бетонирования свай составит  $\Sigma V/70=277/70=4$  часа. Добавим к продолжительности ещё один час на укладку тарпаулина и погружение армокаркасов в полости свай, а так же ещё один час на перезаведение якорей плавсредства и его позиционирование. Данные значения взяты исходя из опыта строительства аналогичных сооружений.

Таким образом, продолжительность данной операции составит 6 часов.

### **3.5.3 Затраты времени на монтаж несъёмной опалубки**

В виду отсутствия нормативов на данный вид работ, примем продолжительность данного технологического процесса 8 смен исходя из опыта проектирования аналогичных сооружений. Монтаж несъёмной опалубки включает в себя сварочные работы, монтаж двутавров, раскладку и закрепление профлиста.

### **3.5.4 Затраты времени на армирование ростверка**

Принимаем норму времени  $N_{вр}=20$  чел/ч на монтаж 1т арматуры согласно [14]. По спецификации определяем объём работ –  $V=26,3$ т. Имеем, что для монтажа 1т одному арматурщику понадобится 20 часов, а для выполнения полного объёма  $26,3 \cdot 20=526$ ч. 24 арматурщика справятся с этой задачей за  $526/24=22$  часа. Принимаем продолжительность армирования ростверка 2 смены, количество арматурщиков – 48. Опалубочные работы введутся параллельно с армированием и на продолжительность строительства не влияют.

### **3.5.5 Затраты времени на бетонирование ростверка**

Продолжительность бетонирования определяется производительностью бетонного завода. В главе 3.5.2 производительность завода была принята  $70\text{м}^3/\text{ч}$ .

Определим по чертежам объём работ. Для этого вычислим площадь  $S$  сечения ростверка и умножим её на длину секции 31,78м.  $S=21,12\text{м}^2$ .  $V=21,12 \cdot 31,78=671,2\text{м}^3$ .

Продолжительность бетонирования составит  $671,2/70=9,6$ ч. Принимаем с запасом 1 смену. В случае, если бетонирование производится при температуре воздуха выше  $10^\circ\text{C}$ , к общей продолжительности строительства добавляется 5 дней на уход за бетоном.

### **3.5.6 Построение графика производства работ**

Составим график производства работ на строительство расчётной секции ЮОЛС. Основному строительству предшествует подготовительный период. Продолжительность подготовительного периода примем 3 месяца исходя из опыта строительства аналогичных сооружений. Подготовительный период включает в себя мобилизацию ресурсов, доставку плавсредств из других портов, доставку кранов и прочей техники, создание опорной геодезической сети, строительство бытового городка для проживания персонала и т.д. Все работы ведутся в 2 смены по 11 часов 22 часа в сутки, 2 часа уходит на пересменку.

Календарный план представлен на строительство одной секции в летний период. Последняя операция в календарном плане – бетонирование ростверка. После бетонирования бетон набирает прочность 28 суток, по истечении этого времени строительство секции можно считать завершённым.

Общая продолжительность строительства расчётной секции составит:

90 дней подготовительного периода + 20 дней основного периода + 28 дней набор прочности бетона = 138 дней или чуть меньше 5 месяцев.

| № п/п         | Наименование работ                                       | Единица измерения | Объем работ | Продолжительность, в дн. | Дни |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------|--|-------------------|-------------|--------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|               |  |                   |             |                          | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 1             | Погружение трубопилы и свай<br>экранирующего ряда        | м                 | 818         | 6                        | ■   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 2             | Погружение свай тыловогорья                              | м                 | 893,5       | 6,2                      |     | ■ |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 3             | Срезка оголовков свай                                    | шт.               | 40          | 2                        |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 4             | Погружение армокаркасов и<br>целостность бетонных пробок | м <sup>3</sup>    | 277         | 0,3                      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 5             | Монтаж несъемной опалубки                                |                   | -           | 4                        |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 6             | Армирование ростверка                                    | м                 | 26,3        | 1                        |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 7             | Монтаж инвентарной<br>крупнощитовой опалубки             |                   | -           | 4                        |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 8             | Бетонирование ростверка                                  | м <sup>3</sup>    | 672         | 0,5                      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>Всего:</b> |  |                   |             | <b>20</b>                |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Рисунок 53 Оценка продолжительности строительства расчётной секции

## Заключение

В данной ВКР было рассмотрено оградительное ледозащитное сооружение терминала сжиженного газа и стабильного газового конденсата «Утренний».

На первом этапе были собраны нагрузки, определяющей оказалась нагрузка от дрейфующего ледяного поля – 400т/м.

После сбора нагрузок в программе SCAD была построена расчётная модель сооружения и выполнен статический расчёт, результаты расчёта приведены в главах 2.5.2 и 2.5.5. По усилиям в стержнях, полученным в результате статического расчёта была произведена проверка стальных сечений. По результатам проверки было решено принять трубу ШТС 1420х14, сваю экранную ряда 2520х28 и козловую сваю 1420х20. Так же было принято решение устроить в сваях бетонные пробки в виду того, что ледовые воздействия мало изучены. По напряжениям в пластине был произведён подбор арматуры в ростверке. Конструкция ростверка представлена на листах 8 и 9.

В 3 разделе ВКР была разработана технология строительства ЮОЛС в летний и зимний период. Разработана техкарта на погружение свай, произведён подбор кранов 1го сваебойного потока и плавсредства.

После разработки технологии были определены объёмы работ и рассчитана продолжительность строительства расчётной секции сооружения. Продолжительность строительства секции южного оградительного ледозащитного сооружения составила около 5 месяцев.



## Список литературы

- [1] СП 131.13330.2018. *Строительная климатология.*
- [2] СП 20.13330.2016. *Нагрузки и воздействия.*
- [3] СП 38.13330.2018. *Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения.*
- [4] СП 14.13330.2018. *Строительство в сейсмических районах.*
- [5] СП 28.13330.2017. *Защита строительных конструкций от коррозии.*
- [6] СП 24.13330.2011. *Свайные фундаменты.*
- [7] СП 16.13330.2017. *Стальные конструкции.*
- [8] СП 63.13330.2018. *Бетонные и железобетонные конструкции.*
- [9] СП 41.13330.2012. *Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.*
- [10] ГОСТ 26633-2015. *Бетоны тяжёлые и мелкозернистые.*
- [11] ГОСТ 22266-2013. *Цементы сульфатостойкие. Технические условия..*
- [12] СП 126.13330.2017 *Геодезические работы в строительстве.*
- [13] ОДН 218.010-98 *Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации ледовых переправ..*
- [14] *Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Выпуск 2. Портовые и берегозащитные сооружения.*
- [15] ГОСТ 10704-91 *Трубы стальные электросварные прямошовные.*
- [16] А. Гаджиев, *Деформационные швы гидротехнических сооружений, Ленинград: Энергия, 1975.*
- [17] Л.Н. Рассказов, В.Г. Орехов, Н.А. Анискин, *Гидротехнические*

сооружения, Москва: Ассоциация строительных вузов, 2008.

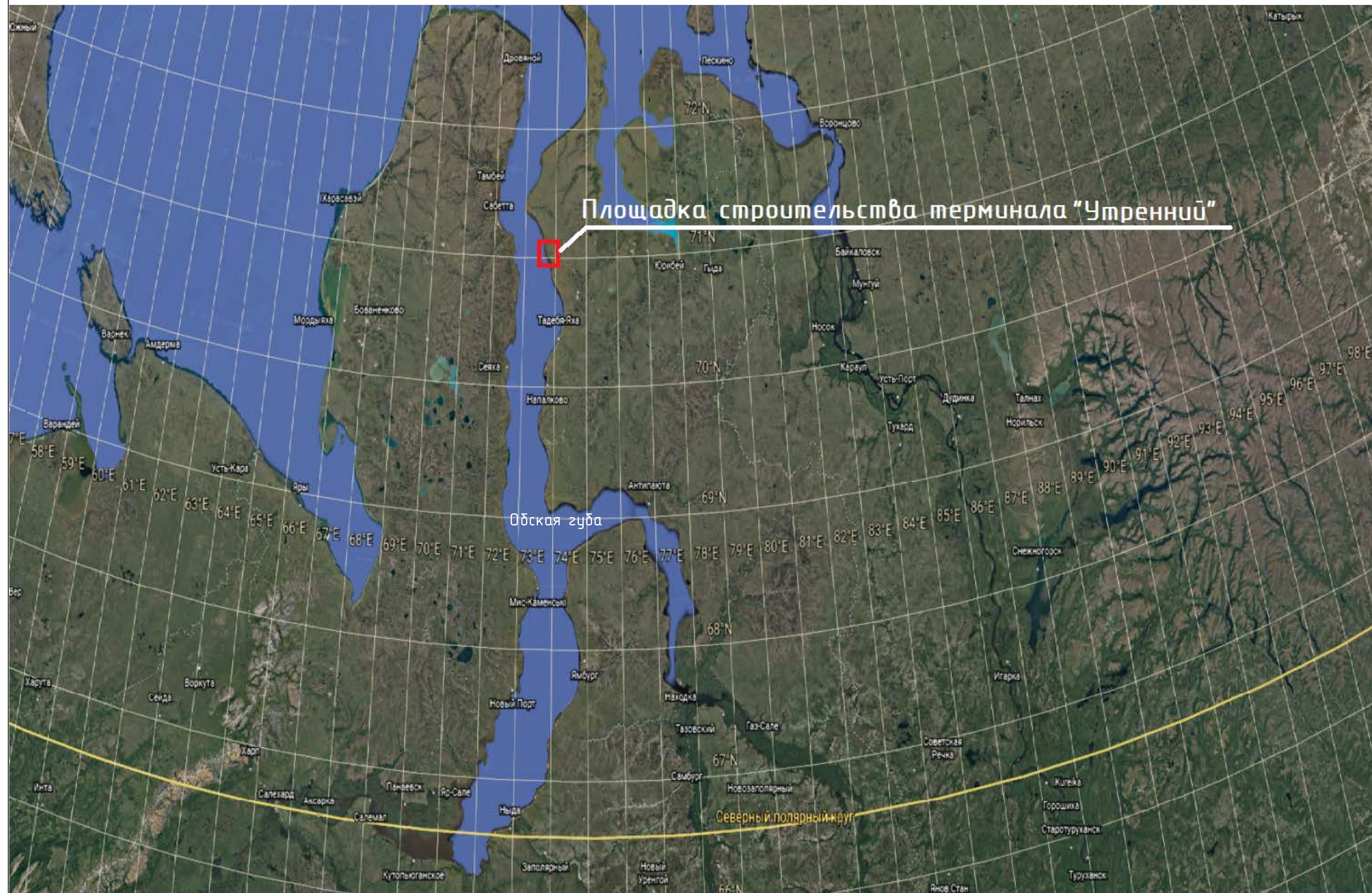
[18] В.С. Карпиловский, М.А. Перельмутер, А.В. Перельмутер, С.Ю. Фиалко, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко, SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD++, Москва: СКАД СОФТ, 2015.

[19] «Устойчивость ледозащитных сооружений,» *Нефтегаз.ру*, 2018.

[20] Г. Н. Смирнов, Б. Ф. Горюнов, Е. В. Курлович, Порты и портовые сооружения, Москва: Издательство АСВ, 2002.



## Ситуационный план

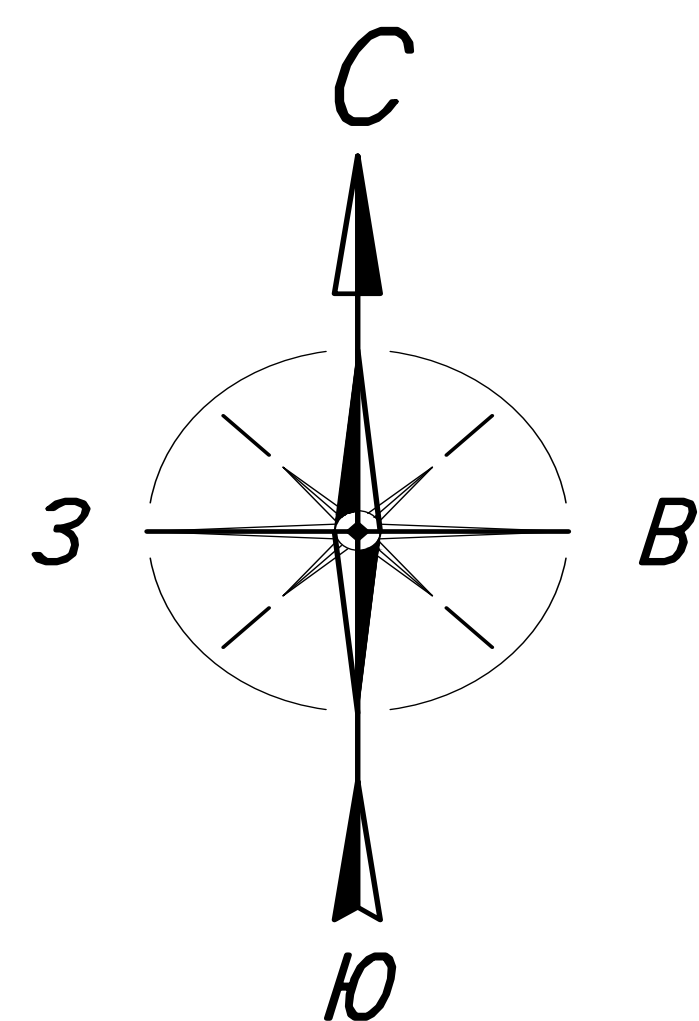


## Ситуационный план

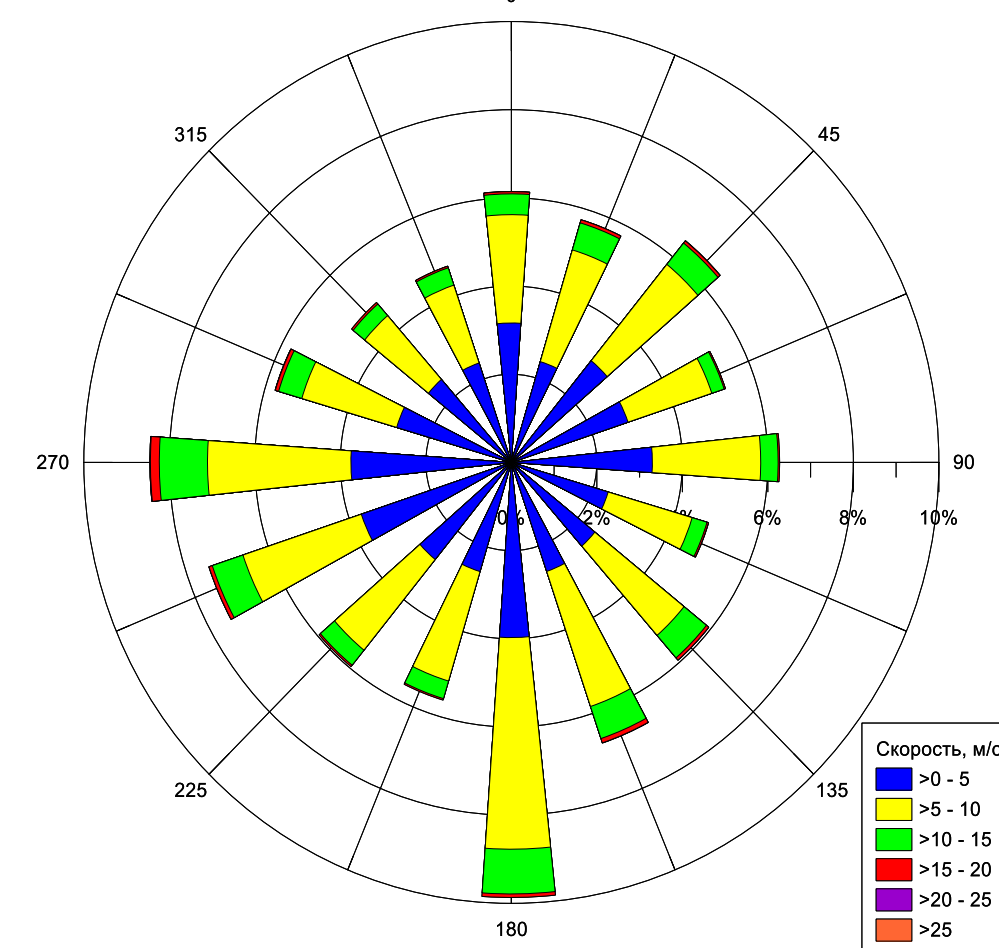
| Основные расчётные характеристики                          |                      |
|--|----------------------|
| Длина волны  | $\lambda=34$ м       |
| Высота волны   | $h=4,4$ м            |
| Глубина с учётом максимального уровня                      | 11 м                 |
| Прочность льда при сжатии                                  | 1,6 МПа              |
| Максимальная зафиксированная скорость дрейфа ледяных полей | 128,6 см/с           |
| Толщина льда   | 2,06 м               |
| Площадь отдельной дрейфующей льдины                        | 91,6 км <sup>2</sup> |

## Повторяемость направлений ветра и штилей в %

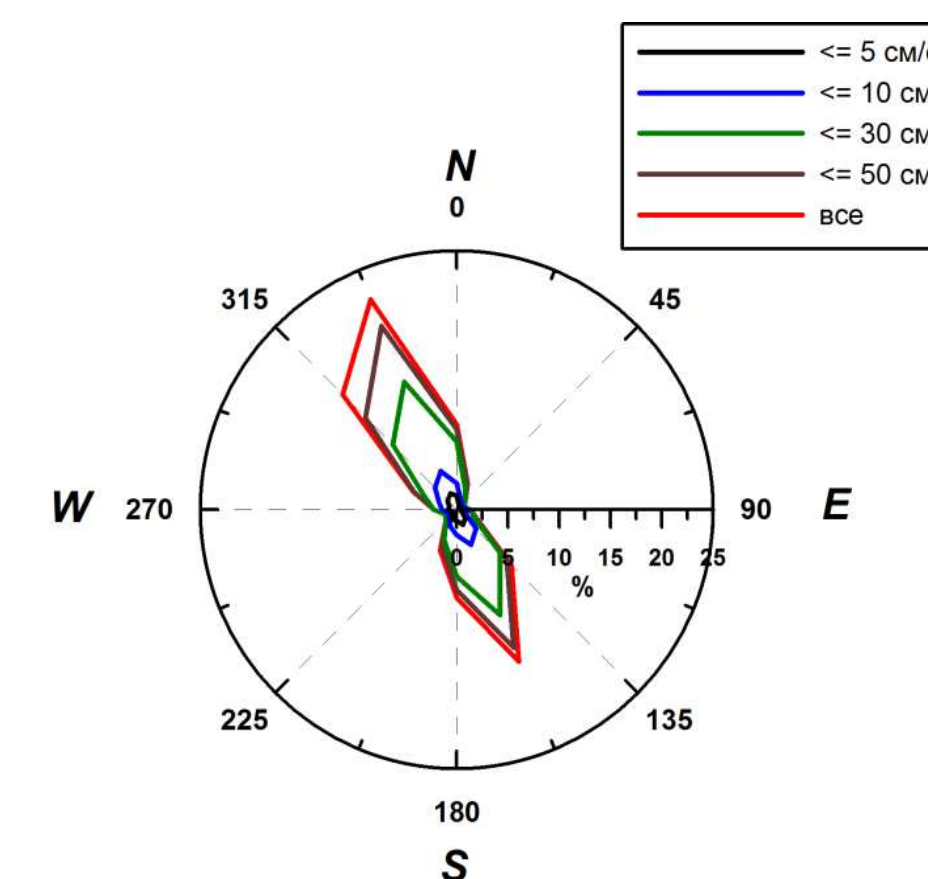
| Месяц | Направление ветра |      |      |      |      |      |      |      | Штиль |
|-------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
|       | С                 | СВ   | В    | ЮВ   | Ю    | ЮЗ   | З    | СЗ   |       |
| 1     | 6,3               | 6,9  | 9,3  | 15,8 | 27,1 | 14,8 | 13,7 | 6,2  | 3,2   |
| 2     | 7,6               | 9,4  | 10,3 | 12,1 | 21,7 | 14,4 | 17,4 | 7,2  | 3,5   |
| 3     | 7,9               | 8,6  | 11,2 | 14,9 | 17,1 | 14,7 | 17,0 | 8,6  | 2,1   |
| 4     | 15,3              | 11,9 | 11,4 | 8,9  | 12,9 | 11,2 | 16,6 | 11,8 | 1,4   |
| 5     | 17,4              | 15,7 | 11,4 | 9,5  | 9,4  | 9,1  | 14,9 | 12,5 | 1,3   |
| 6     | 17,2              | 18,0 | 12,2 | 10,2 | 9,8  | 7,1  | 15,1 | 10,6 | 1,8   |
| 7     | 16,0              | 22,2 | 12,1 | 11,3 | 11,0 | 6,0  | 12,6 | 8,7  | 1,4   |
| 8     | 17,9              | 20,8 | 11,9 | 8,4  | 9,7  | 7,8  | 12,8 | 10,7 | 1,4   |
| 9     | 13,1              | 10,6 | 10,7 | 9,2  | 16,9 | 12,4 | 14,0 | 13,2 | 2,3   |
| 10    | 9,3               | 7,5  | 12,7 | 10,3 | 16,9 | 14,5 | 16,4 | 12,6 | 2,1   |
| 11    | 7,8               | 8,1  | 11,5 | 12,4 | 20,5 | 14,5 | 16,3 | 8,8  | 2,8   |
| 12    | 6,7               | 7,1  | 9,2  | 14,7 | 26,1 | 14,8 | 14,9 | 6,5  | 2,2   |
| Год   | 11,9              | 12,2 | 11,2 | 11,5 | 16,6 | 11,8 | 15,1 | 9,8  | 2,1   |



## Роза ветров



## Роза дрейфа ледяных полей

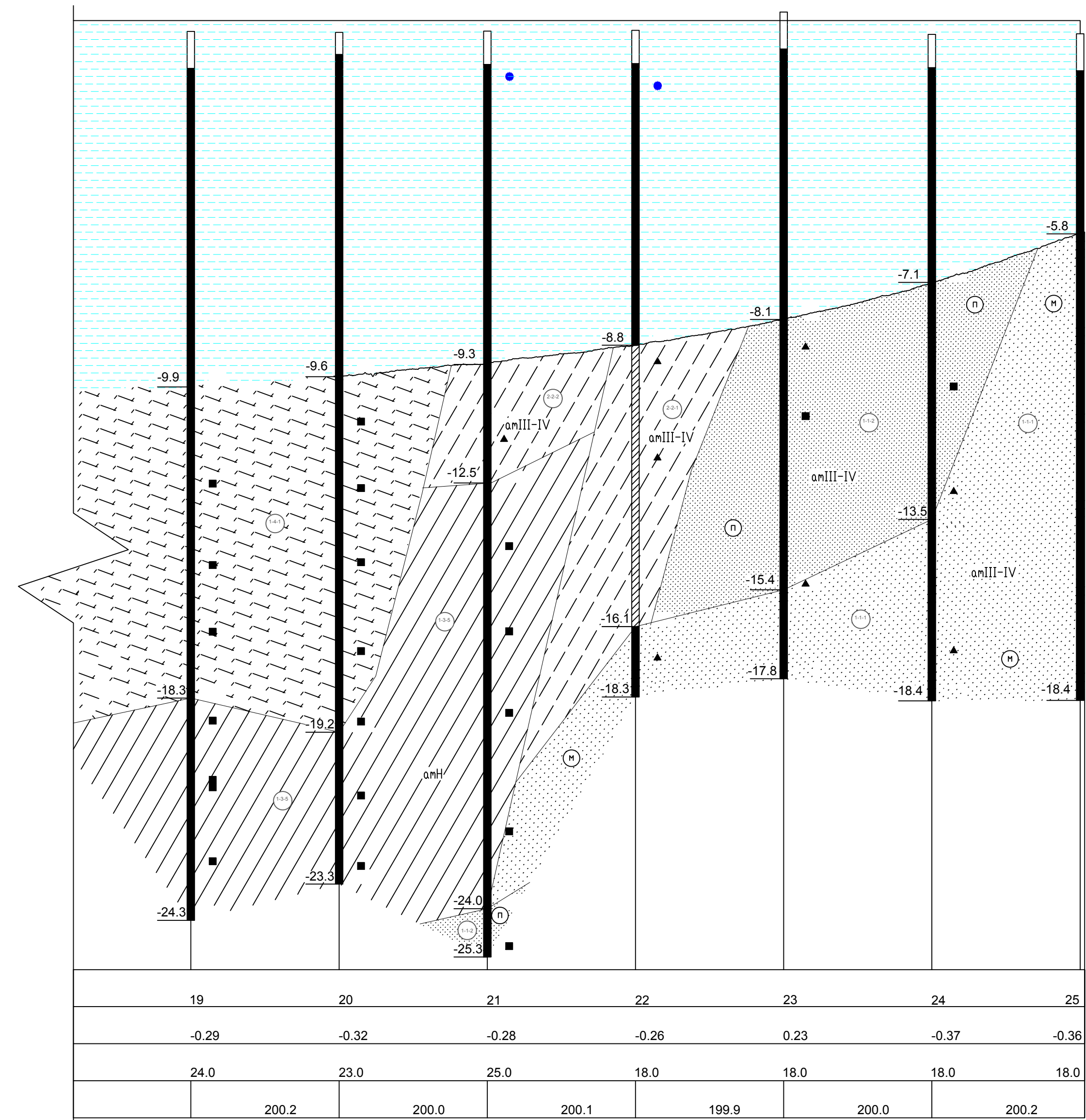
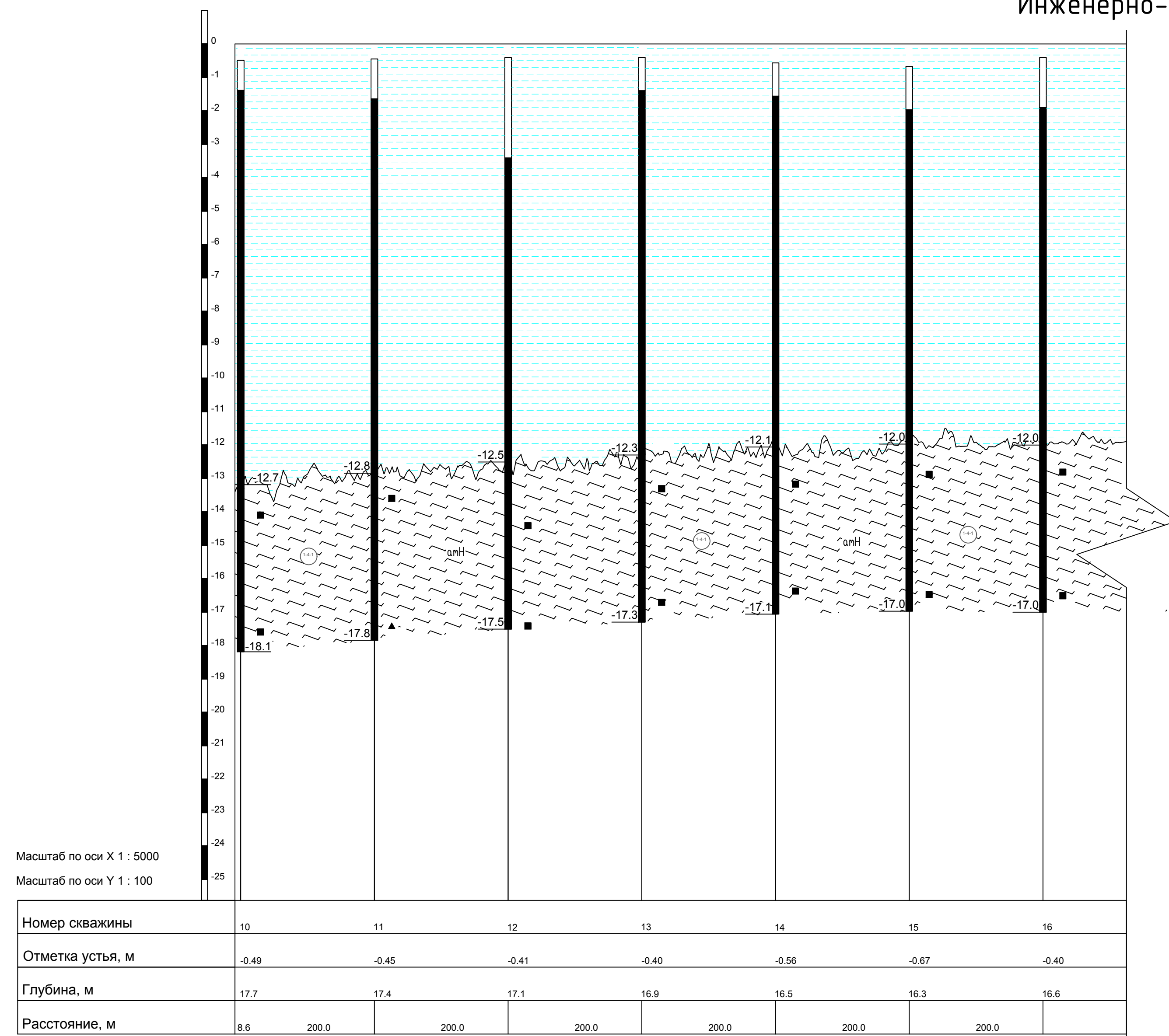


Примечание:  
Генеральный план см. лист 3.

| РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ<br>Инженерная академия<br>Направление "Строительство" |                 |       |      |  |
|---|-----------------|-------|------|--|
| Выпускная квалификационная работа бакалавра   |                 |       |      |  |
| Должность   | Фамилия         | Подп. | Дата |  |
| Дир. департам.  | Рычкова М.И.    |       |      | Ледозащитное сооружение Терминал "Утренний". |
| Руч. ООП  | Рычкова М.И.    |       |      |  |
| Н.Ручкоб  | Мордынцева К.П. |       |      | Ситуационный план                            |
| Консультант   | Мордынцева К.П. |       |      |  |
| Студент   | Алдейко М.С.    |       |      | Департамент строительства                    |
|   |                 |       |      | Страница 1 из 12                             |



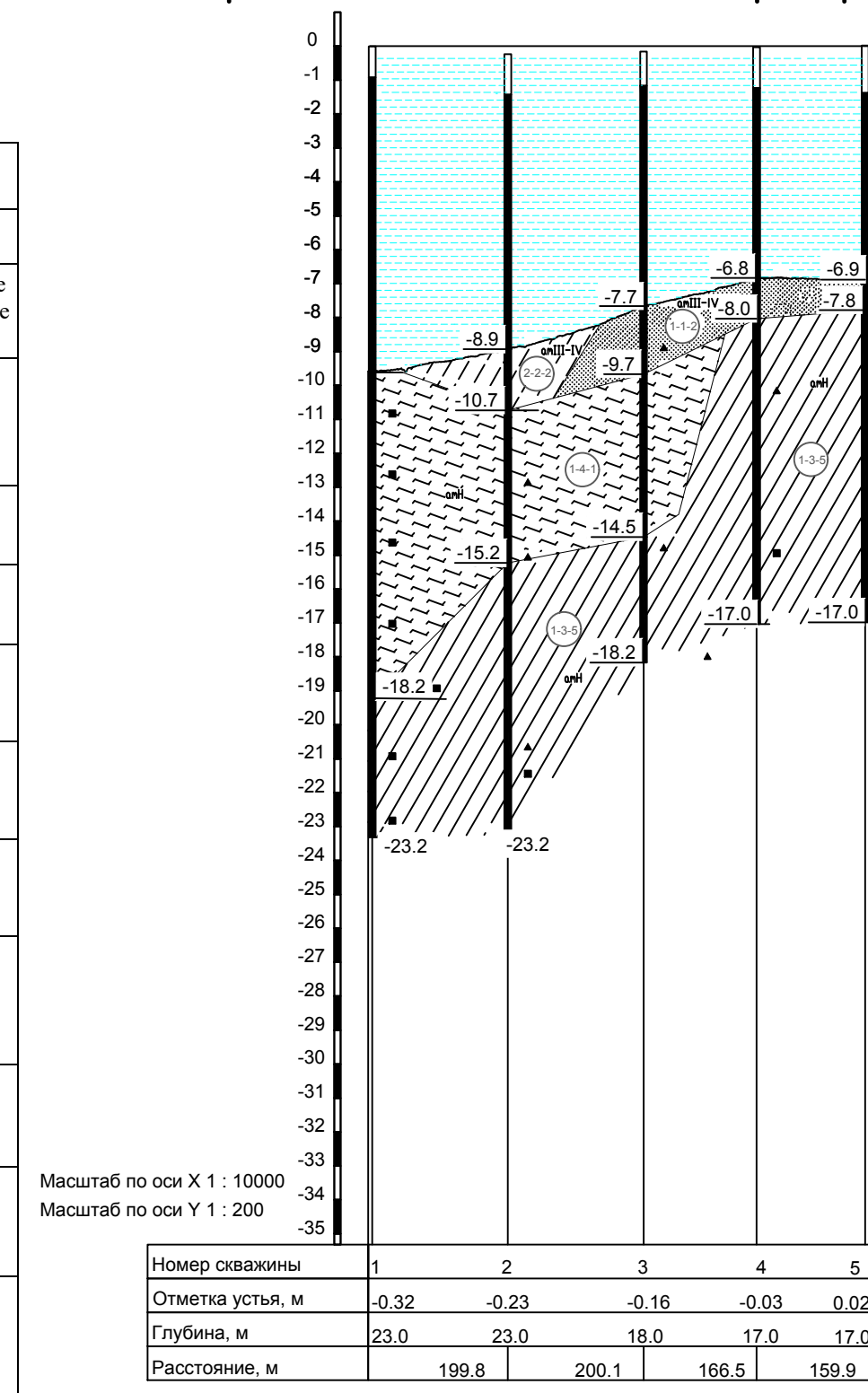
# Инженерно-геологический разрез 1



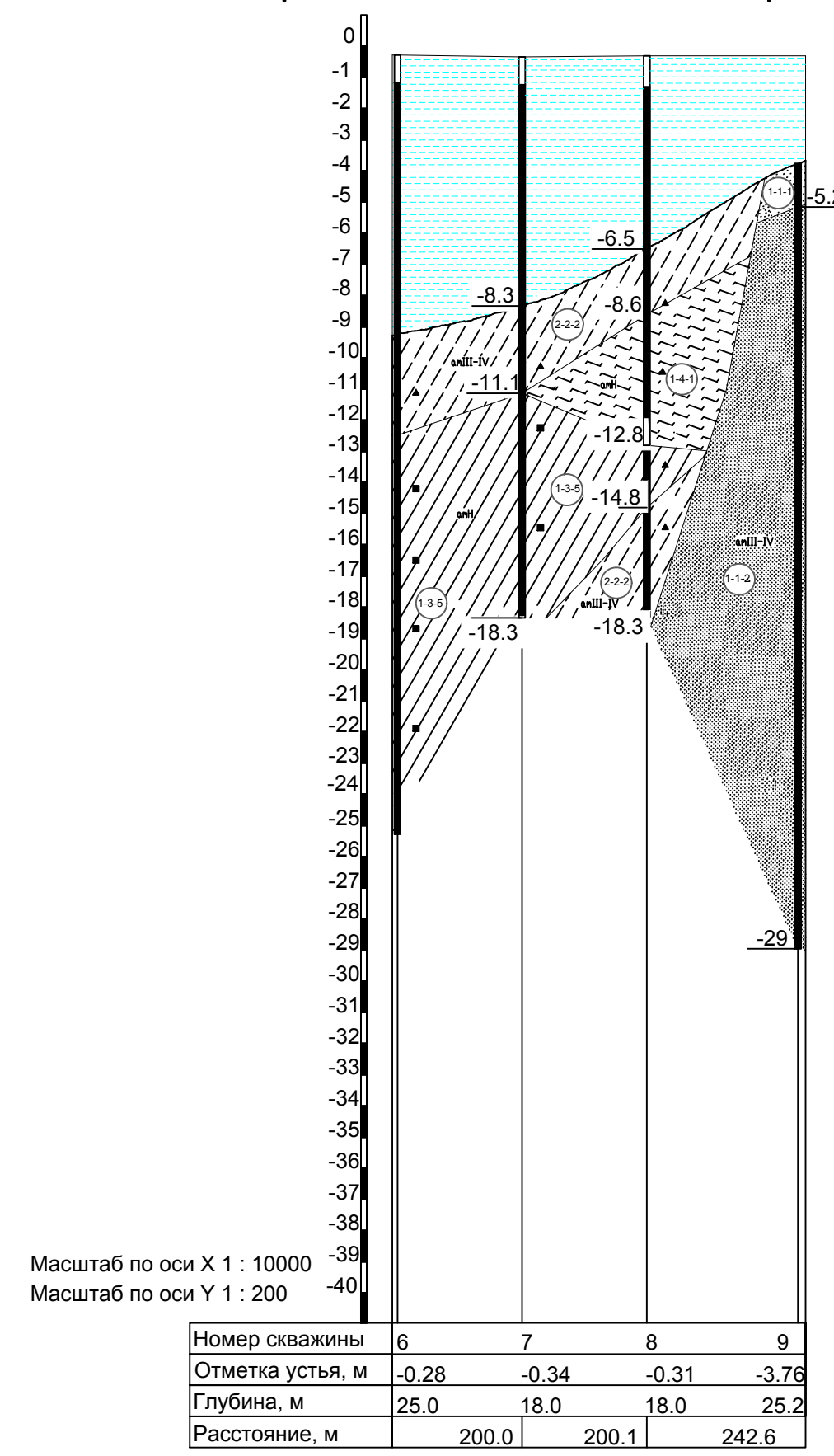
## Основные физико-механические свойства грунтов

| Наименование грунта  | Геолог. индекс | Номер ИГЭ | Плотность влажного грунта расчетн. α=0.95 (г/см³) | Показатель текучести связанного грунта | Штамповый модуль деформации (МПа) | Нормативные             |                          | Расчетные               |                          |                         |                          |
|--|----------------|-----------|---|--|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
|  |                |           |   |  |                                   | Угол внутреннего трения | Удельное сцепление (кПа) | α=0.95                  |                          | α=0.85                  |                          |
|  |                |           |   |  |                                   |                         |                          | Угол внутреннего трения | Удельное сцепление (кПа) | Угол внутреннего трения | Удельное сцепление (кПа) |
| Суглинок пылеватый текучий с прослоями текучепластичного с примесью органического вещества | amH            | 1-3-5     | 1.82<br>1.81                                      | 1.00                                   | 6.4                               | 9,9°                    | 9,6                      | 9,0°                    | 8,9                      | 9,4°                    | 9,2                      |
| Ил текучий   | amH            | 1-4-1     | 1.62<br>1.61                                      | 1.40                                   | 4,8                               | 7,1°                    | 8,4                      | 6,6°                    | 8,0                      | 6,8°                    | 8,2                      |
| Песок мелкий средней плотности однородный, насыщенный водой                                | amIV           | 1-1-1     | 1.95<br>1.94                                      | -                                      | 36,6                              | 39,1°                   | 6,0                      | 35,5°                   | 4,0                      | 39,1°                   | 6,0                      |
| Песок пылеватый средней плотности неоднородный, насыщенный водой                           | amIII-IV       | 1-1-2     | 1.97<br>1.96                                      | -                                      | 27,3                              | 38,0°                   | 11,7                     | 34,5°                   | 7,8                      | 38,0°                   | 11,7                     |
| Супесь пластичная песчаная с примесью органического вещества                               | amIII-IV       | 2-2-1     | 1.99<br>1.98                                      | 0,54                                   | 21,6                              | 22,8°                   | 10,3                     | 20,7°                   | 9,1                      | 21,5°                   | 9,6                      |
| Супесь текучая песчаная с примесью органического вещества                                  | amIII-IV       | 2-2-2     | 1.95<br>1.92                                      | 1,48                                   | 8,1                               | 12,9°                   | 8,0                      | 10,8°                   | 6,5                      | 11,6°                   | 7,1                      |
| Суглинок пылеватый полутвердый с прослоями твердого с примесью органического вещества      | mIII           | 2-3-1     | 2.01<br>2.00                                      | 0,12                                   | 25,6                              | 22,0°                   | 29,5                     | 21,2°                   | 28,1                     | 21,5°                   | 28,6                     |
| Суглинок пылеватый тугопластичный с примесью органического вещества                        | mIII           | 2-3-2     | 1.97<br>1.97                                      | 0,35                                   | 18,4                              | 21,3°                   | 24,9                     | 20,7°                   | 24,0                     | 20,9°                   | 24,4                     |
| Суглинок пылеватый мягкопластичный с примесью органического вещества                       | mIII           | 2-3-3     | 1.92<br>1.92                                      | 0,61                                   | 14,8                              | 14,0°                   | 15,6                     | 13,3°                   | 14,6                     | 13,6°                   | 15,0                     |
| Суглинок пылеватый текучий с прослоями текучепластичного с примесью органического вещества | mIII           | 2-3-4     | 1.82<br>1.81                                      | 1,00                                   | 6,4                               | 9,7°                    | 10,5                     | 9,0°                    | 9,9                      | 9,3°                    | 10,2                     |

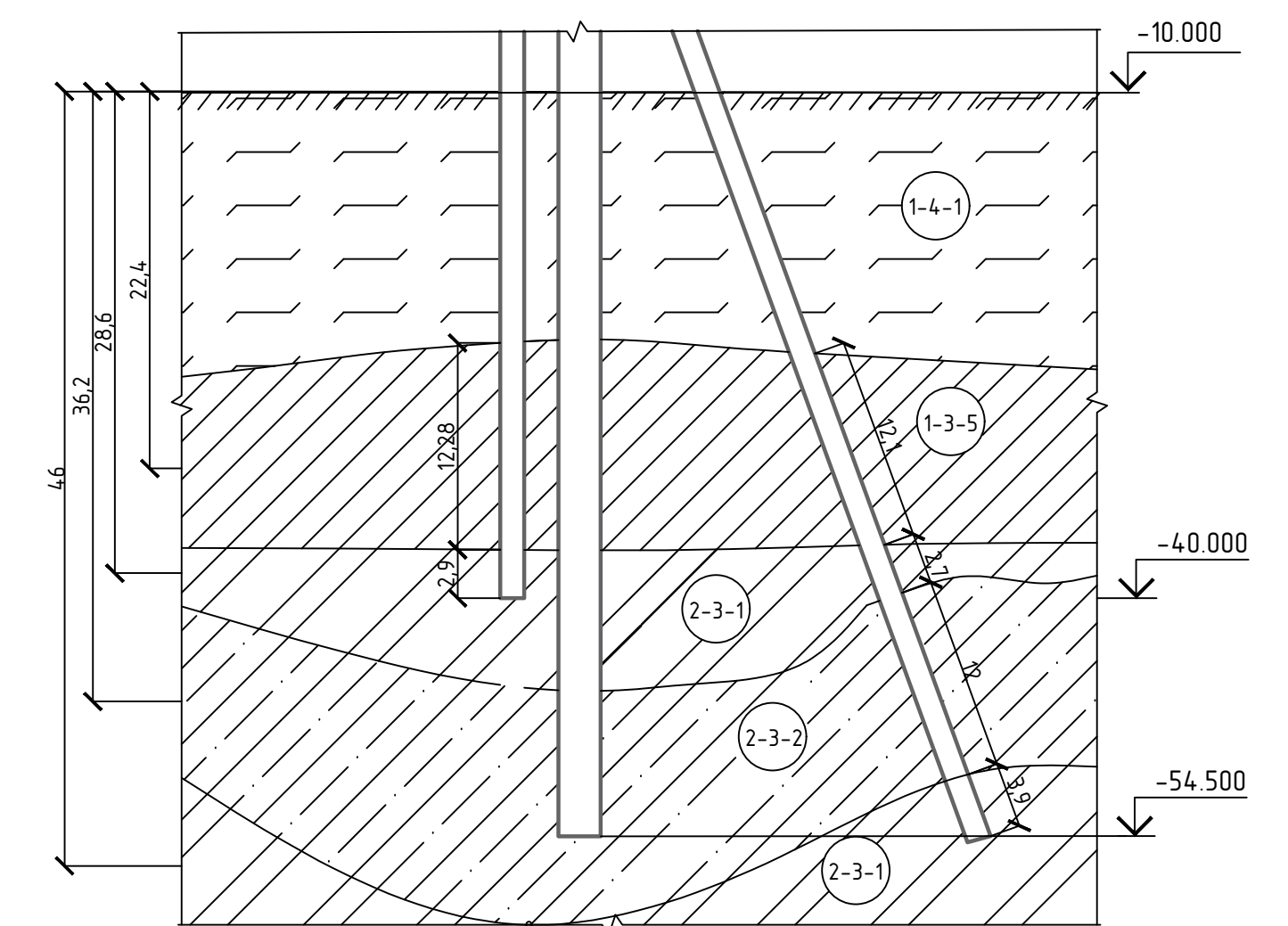
## Инженерно-геологический разрез 2



## Инженерно-геологический разрез 3



## Схема к расчёту несущей способности свай



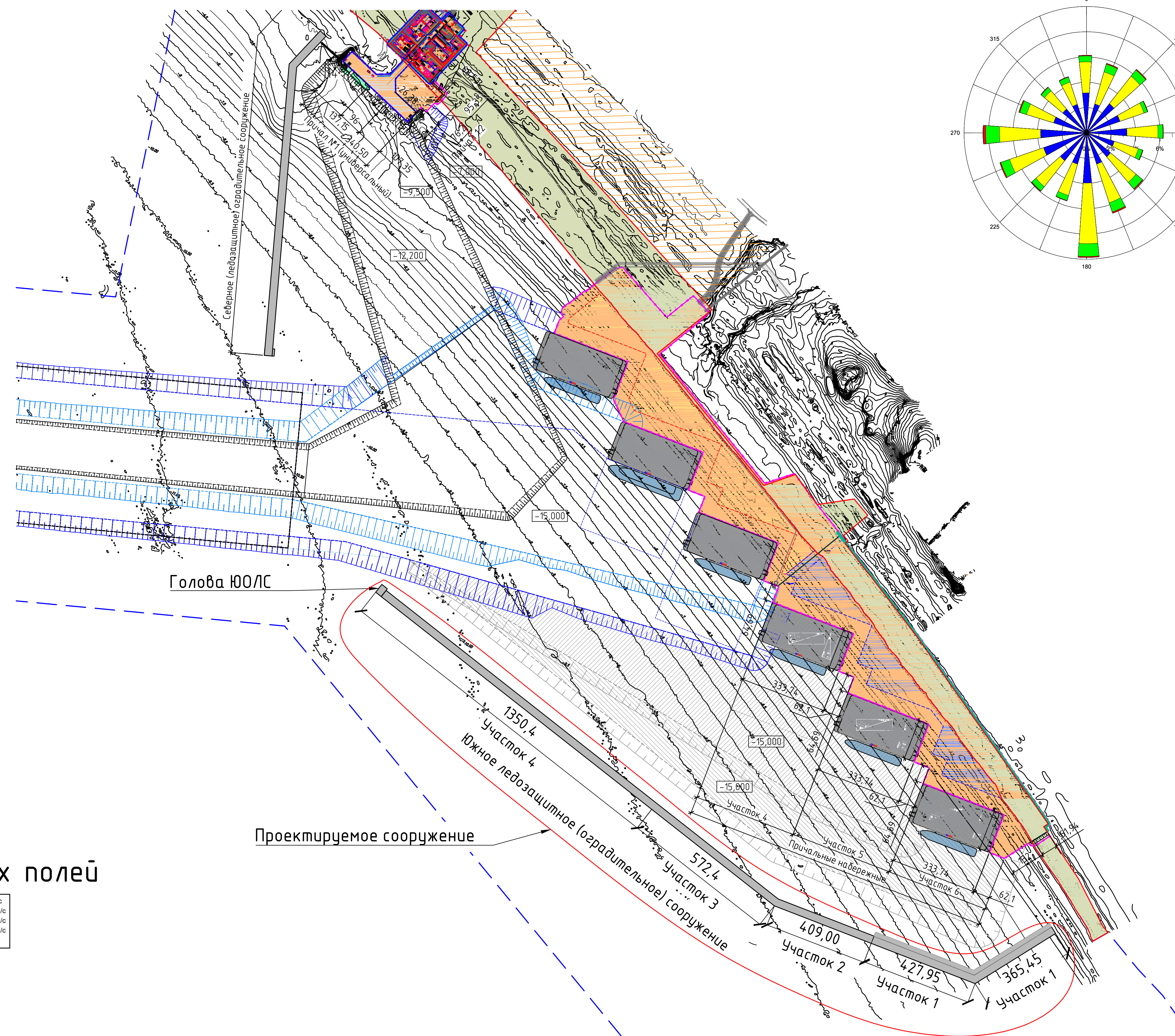
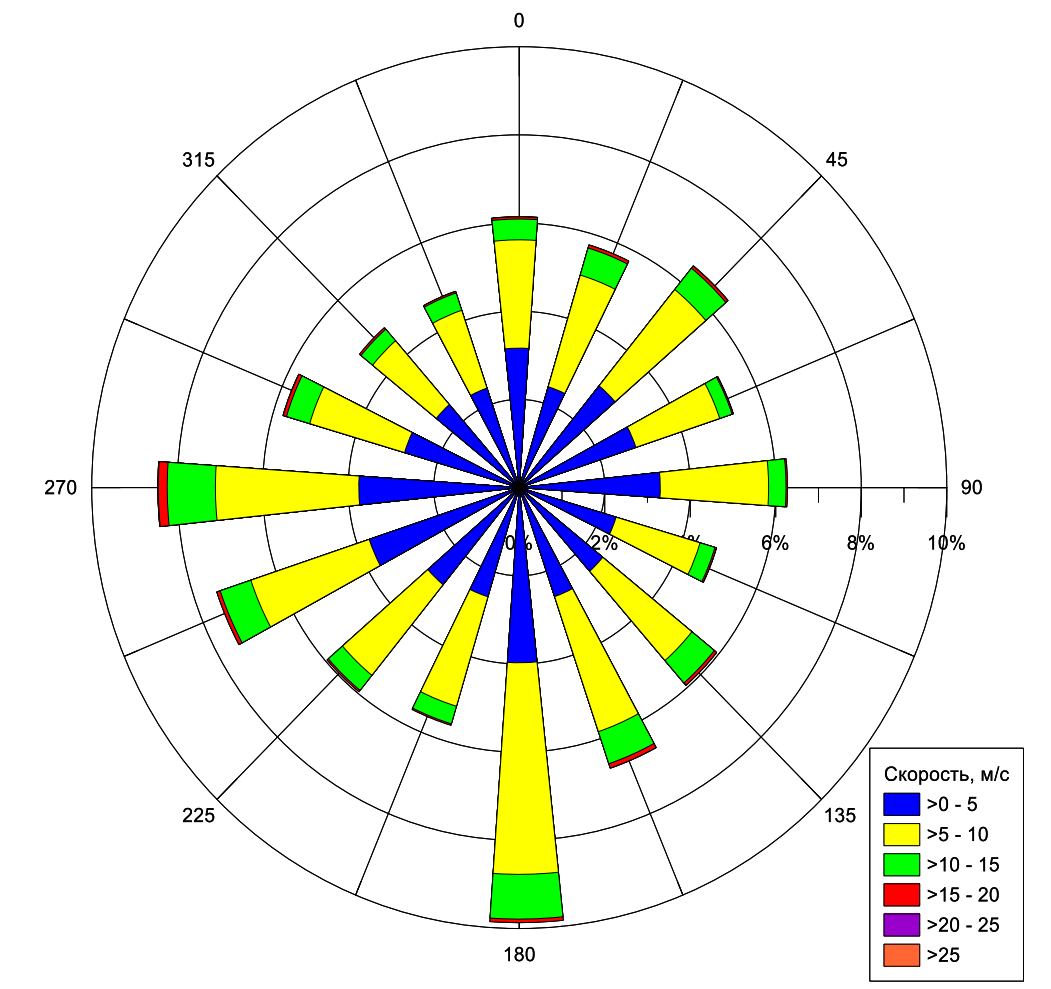
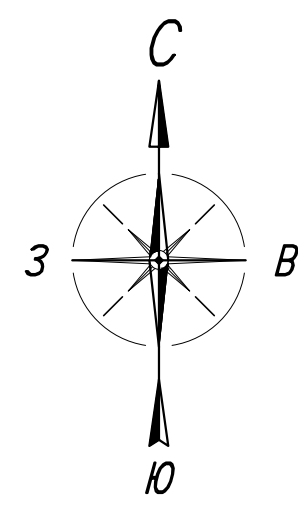
Примечание:  
Геология в зоне проектируемого сооружения см. схему к расчёту несущей способности свай.

|   |                 |     |          |  |      |        |
|---|-----------------|-----|----------|--|------|--------|
| РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ<br>Инженерная академия<br>Направление "Строительство" |                 |     |          | Выпускная квалификационная работа бакалавра  |      |        |
| Должность   | Фамилия         | Имя | Отчество | Страницы                                     | Лист | Листов |
| Дир. департа  | Рыжовская М.И.  |     |          | ВКР  | 2    | 12     |
| Рук. ООП  | Рыжовская М.И.  |     |          | Ледозащитное сооружение Терминал "Утренний". |      |        |
| Н.Рук.об.   | Мордвинцев К.П. |     |          | Геология                                     |      |        |
| Консультант   | Мордвинцев К.П. |     |          | Департамент строительства                    |      |        |
| Студент   | Алгеико М.С.    |     |          | Формат А1                                    |      |        |

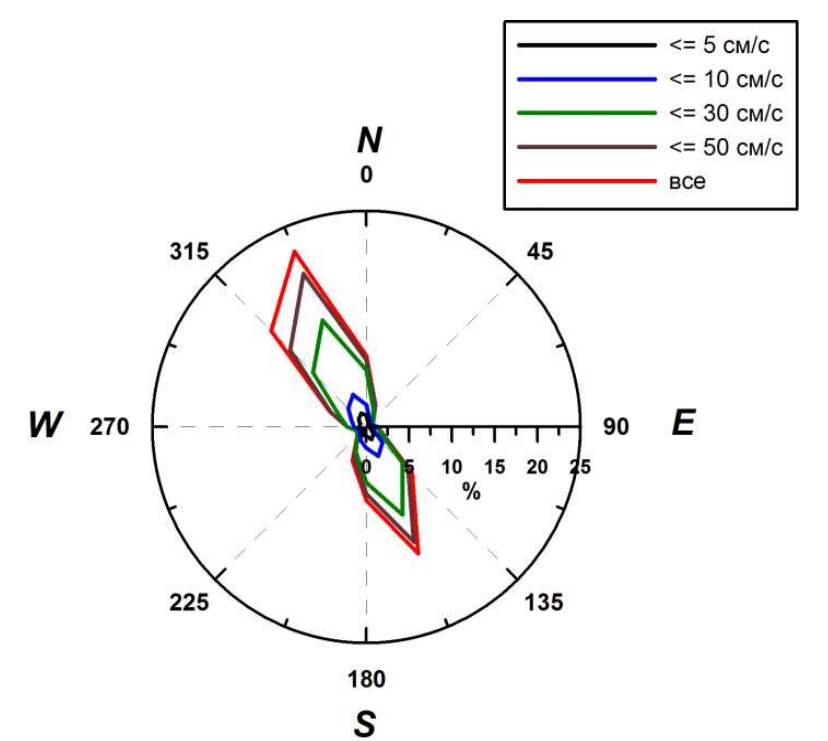


# Генеральный план

# Роза ветров



# Роза дрейфа ледовых полей

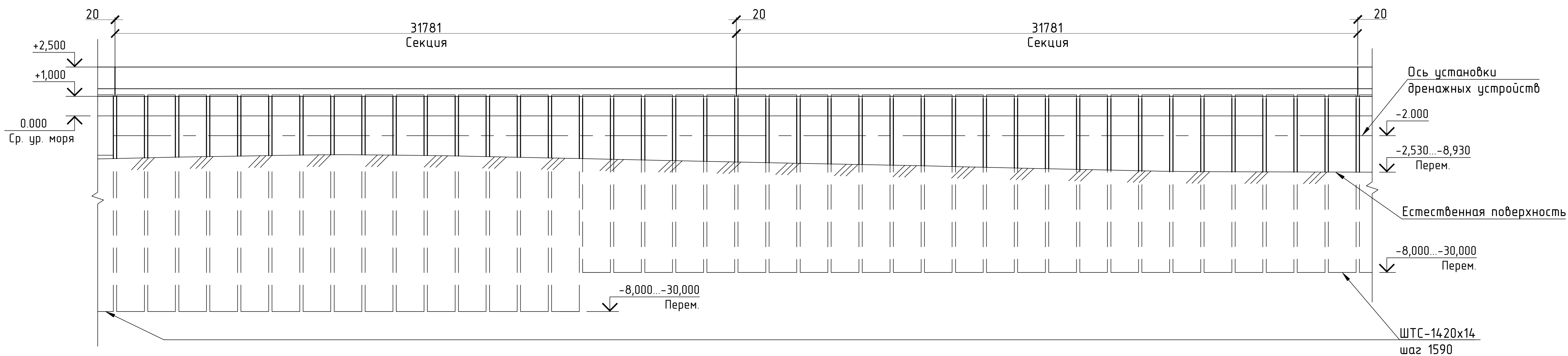


|              |                |       |      |   |        |      |                           |
|--------------|----------------|-------|------|---|--------|------|---------------------------|
|              |                |       |      | РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ<br>Инженерная академия<br>Направление "Строительство" |        |      |                           |
|              |                |       |      | Выпускная квалификационная работа бакалавра   |        |      |                           |
| Дир. департа | Рыжовская М.И. | Подп. | Дата | Ледозащитное сооружение Терминал "Утренний".  | Стадия | Лист | Листов                    |
| Н.Ручкоб     | Мордынцев К.П. |       |      |   | ВКР    | 3    | 12                        |
| Консультант  | Мордынцев К.П. |       |      | <b>Генеральный план</b>   |        |      | Департамент строительства |
| Студент      | Алисеико М.С.  |       |      |   |        |      |                           |

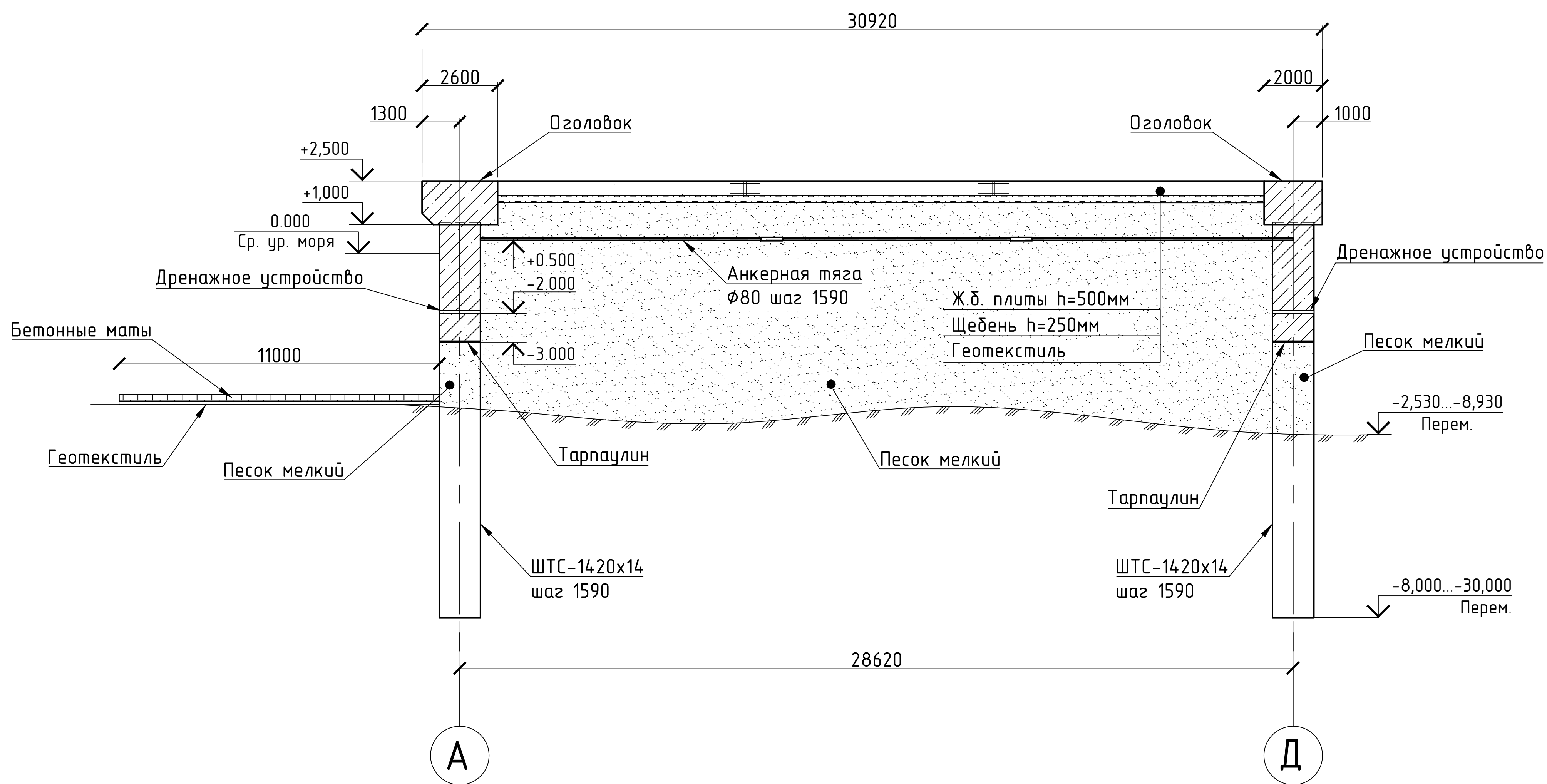
Согласовано  
 Подпись и дата  
 Имя, Н.подп.



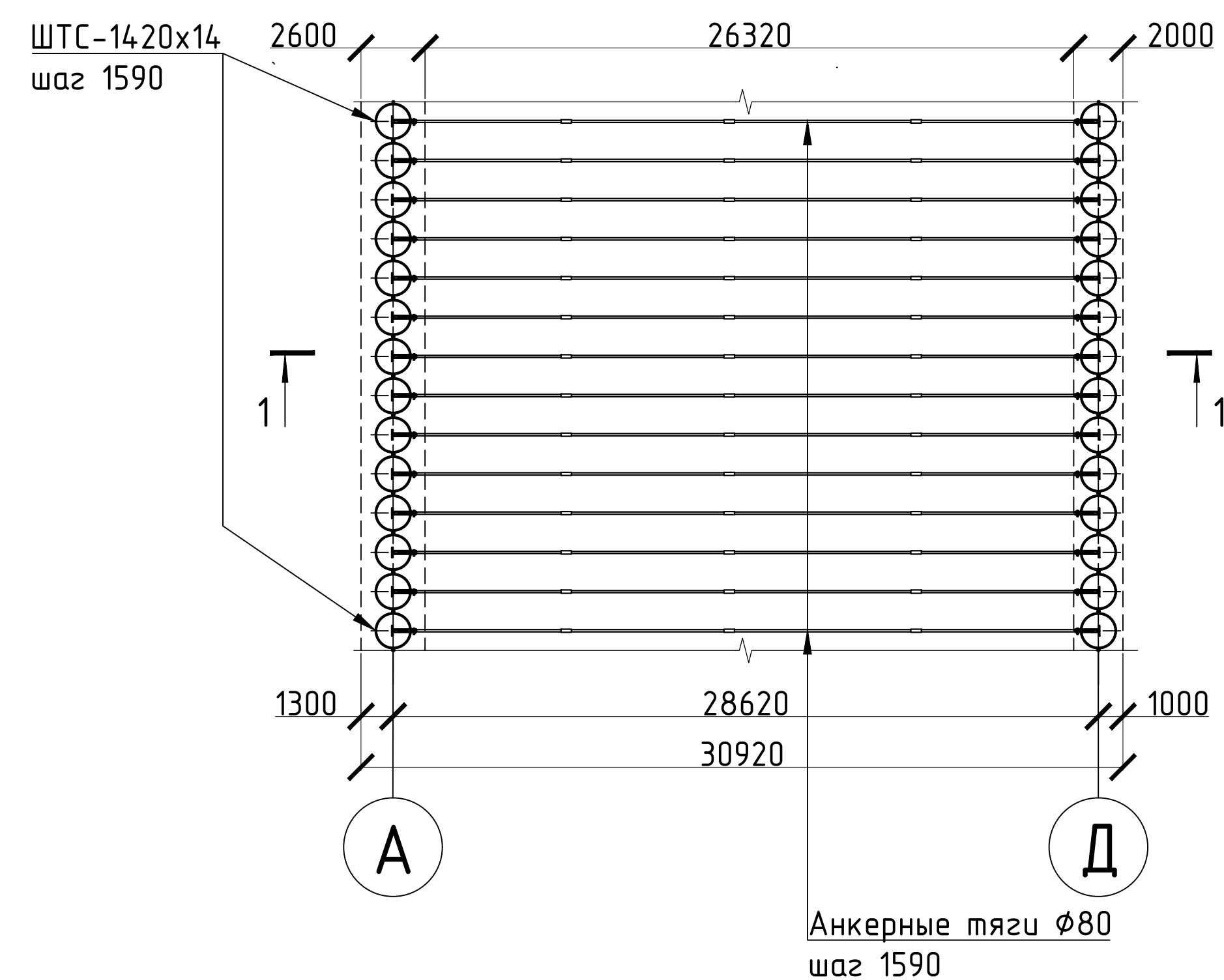
# Вид по оси А (участок 1) (М 1:100)



## 1-1 (М 1:100)

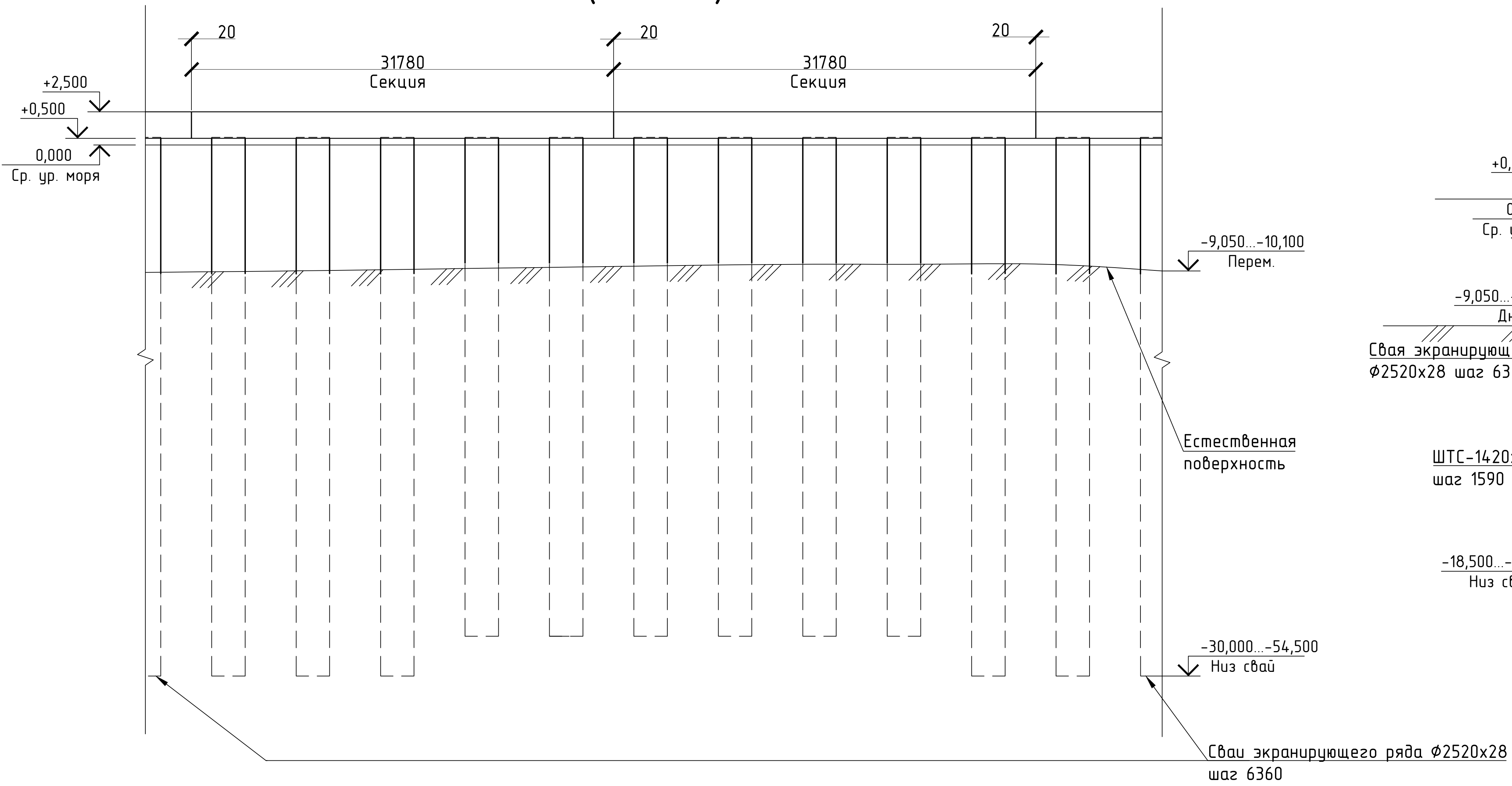


## Фрагмент плана свайного основания (участок 1) (М 1:200)

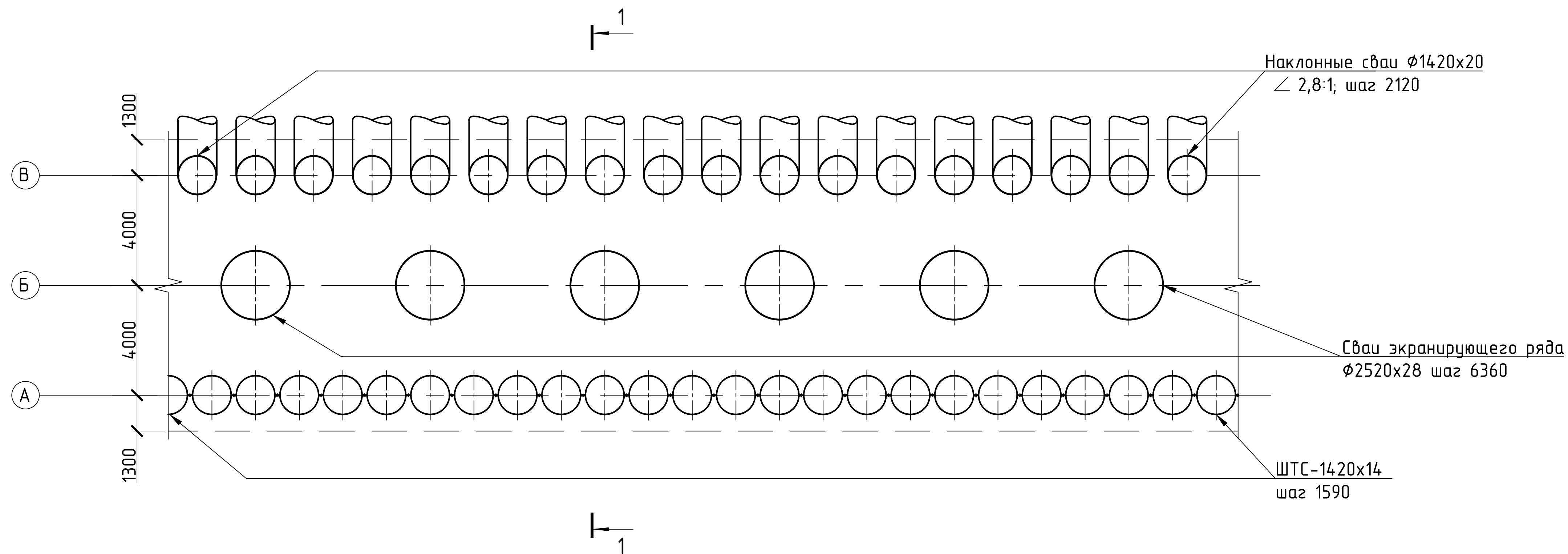


|   |                 |       |                           |
|---|-----------------|-------|---------------------------|
| РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ<br>Инженерная академия<br>Направление "Строительство" |                 |       |                           |
| Выпускная квалификационная работа бакалавра   |                 |       |                           |
| Должность   | Фамилия         | Подп. | Дата                      |
| Дир. департа.   | Рыжовская М.И.  |       |                           |
| Рук. ООП  | Рыжовская М.И.  |       |                           |
| Н.Рук.об.   | Мордвинцев К.П. |       |                           |
| Консультант   | Мордвинцев К.П. |       |                           |
| Студент   | Алисейко М.С.   |       |                           |
| Участок 1.<br>Вид по оси А, план, разрез.   |                 |       | Стадия<br>ВКР             |
|   |                 |       | Лист<br>4                 |
|   |                 |       | Листов<br>12              |
|   |                 |       | Департамент строительства |

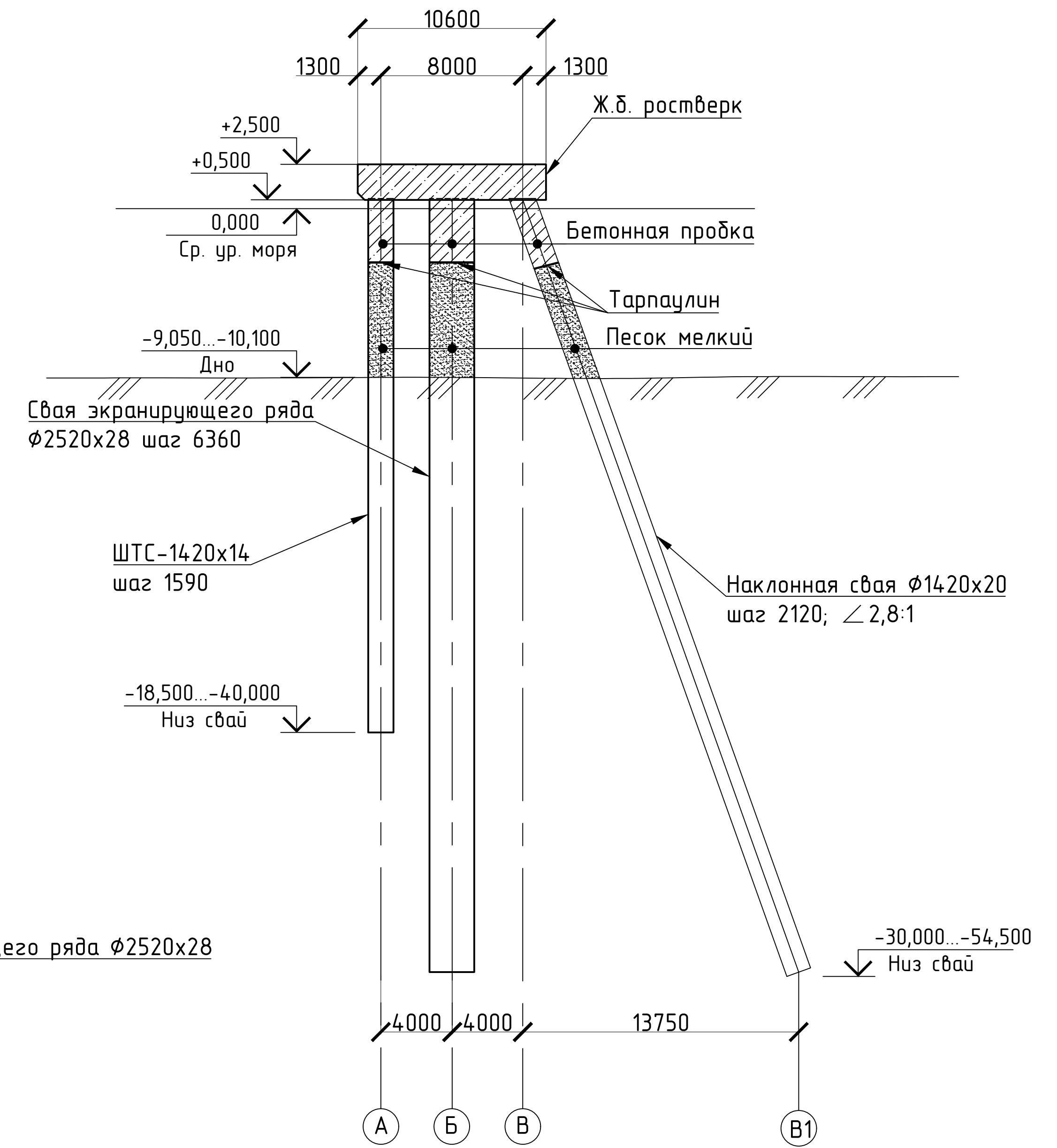
Вид по оси Б (участок 2-4)  
(М 1:200)



Фрагмент плана свайного основания (участок 2-4)  
(М 1:100)



1-1  
(М 1:200)

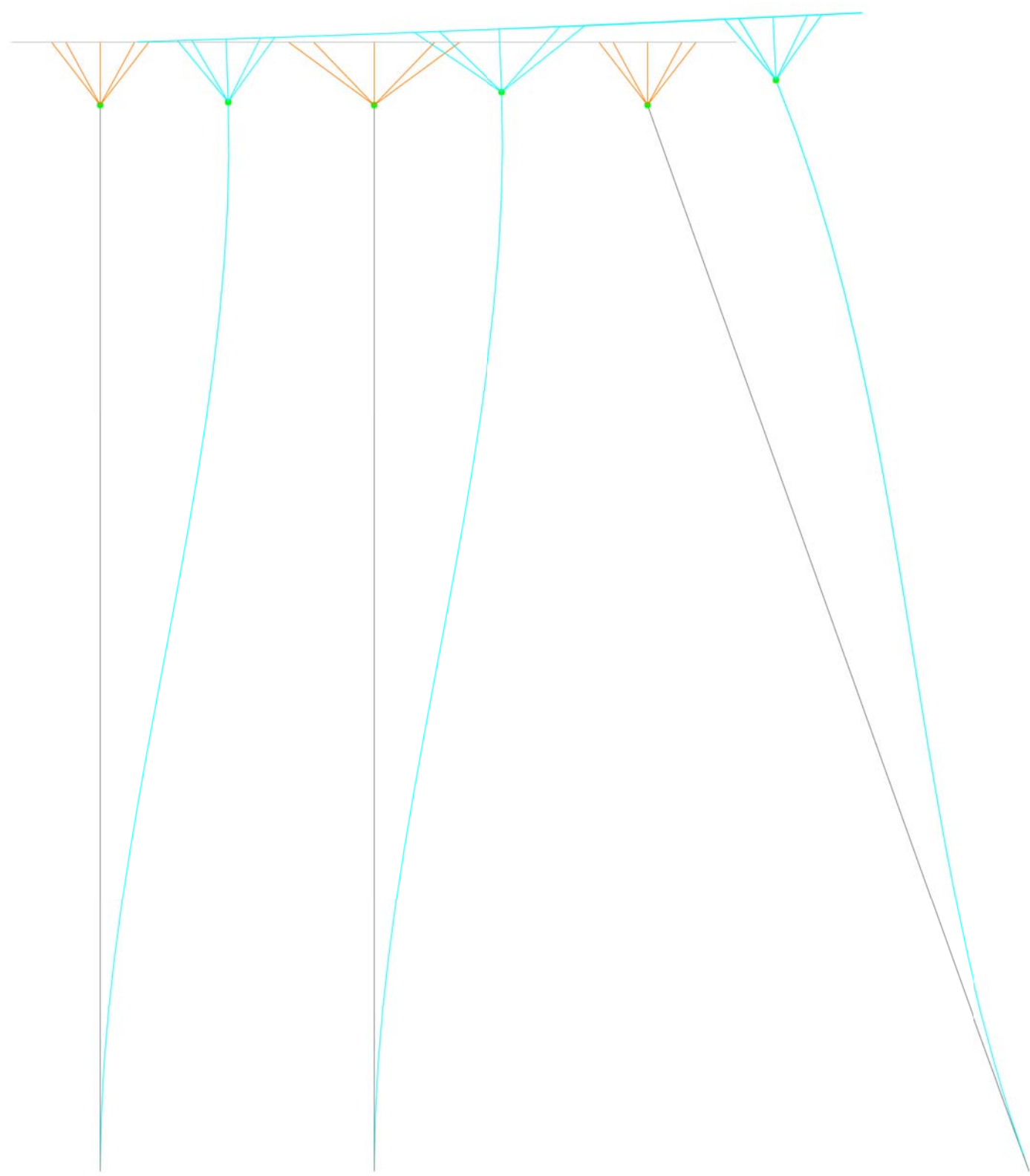


|                                       |                |       |      |   |      |        |
|---------------------------------------|----------------|-------|------|---|------|--------|
| РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ |                |       |      | Инженерная академия                         |      |        |
| Направление "Строительство"           |                |       |      | Выпускная квалификационная работа бакалавра |      |        |
| Должность                             | Фамилия        | Подп. | Дата | Стадия                                      | Лист | Листов |
| Дир. департ.                          | Рыжовская М.И. |       |      | Ледозащитное сооружение Терминал "Утренний" | ВКР  | 5      |
| Рук. ООП                              | Рыжовская М.И. |       |      |   |      |        |
| Н.Рук.об.                             | Марьинцев В.П. |       |      |   |      |        |
| Консультант                           | Марьинцев В.П. |       |      |   |      |        |
| Студент                               | Алджеево М.С.  |       |      | Участок 2-4.                                |      |        |
|                                       |                |       |      | Вид по оси Б, план, разрез.                 |      |        |
|                                       |                |       |      | Департамент строительства                   |      |        |

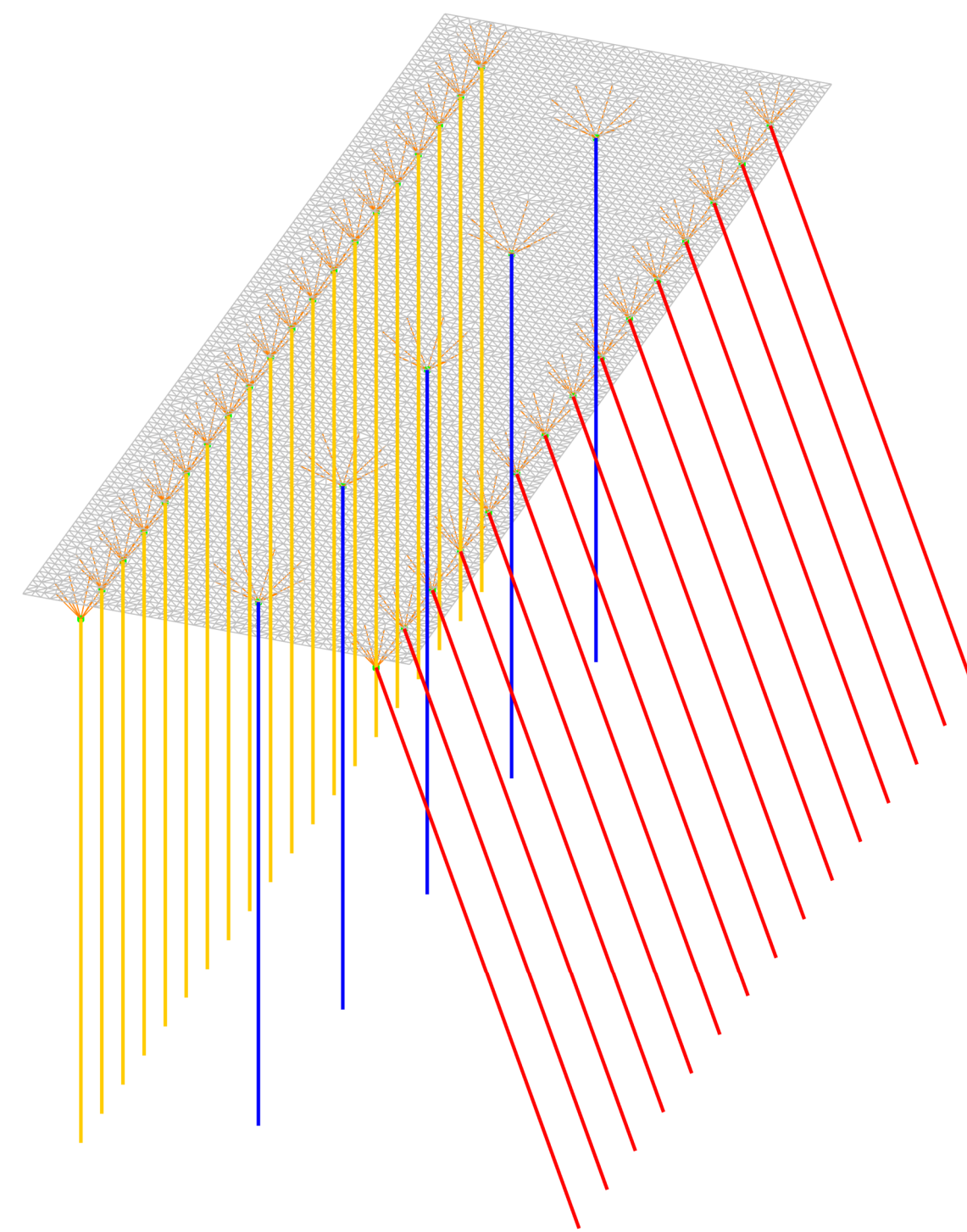


# Результаты статического расчёта

Расчётная и деформированная схемы

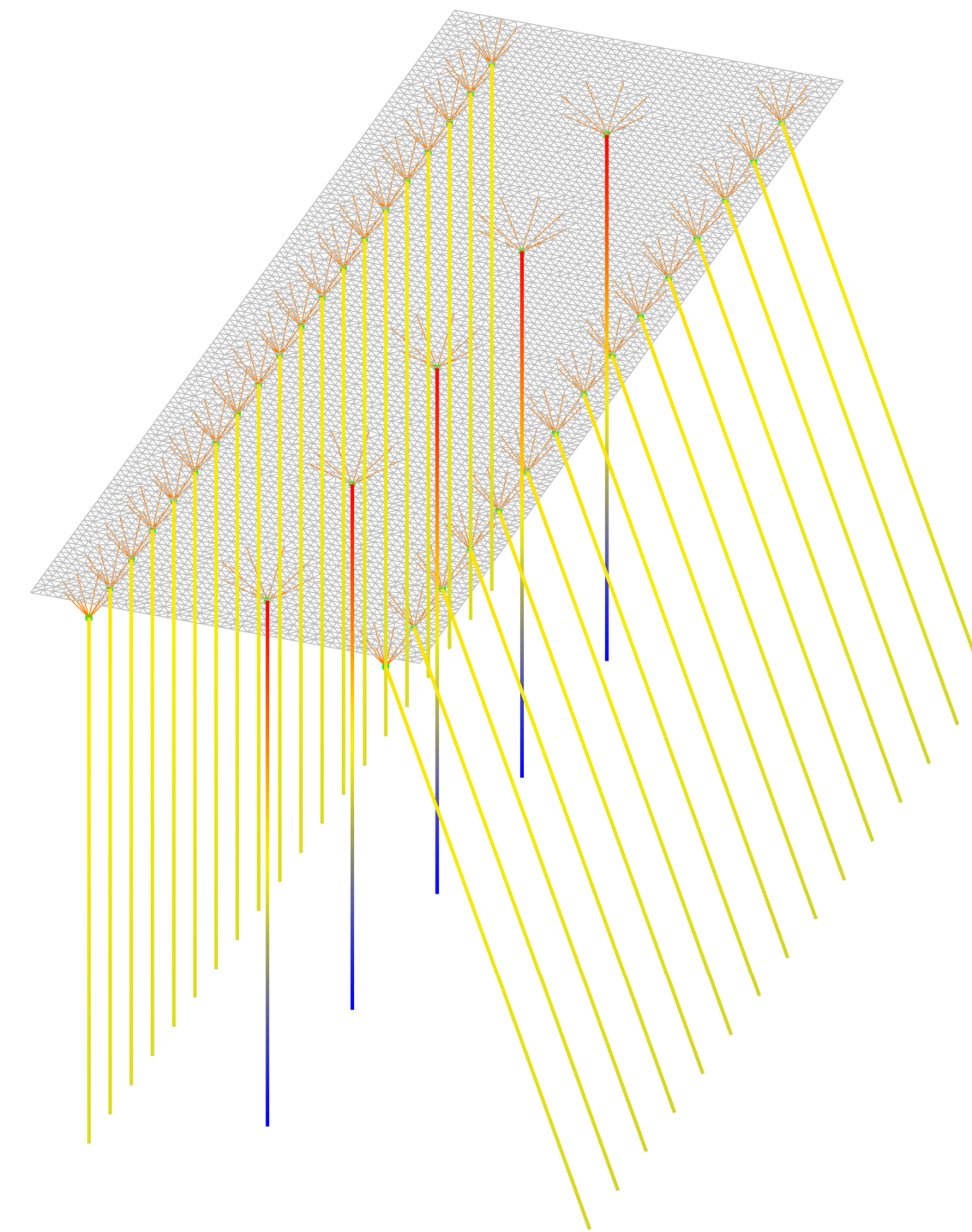


Продольная сила N (т)



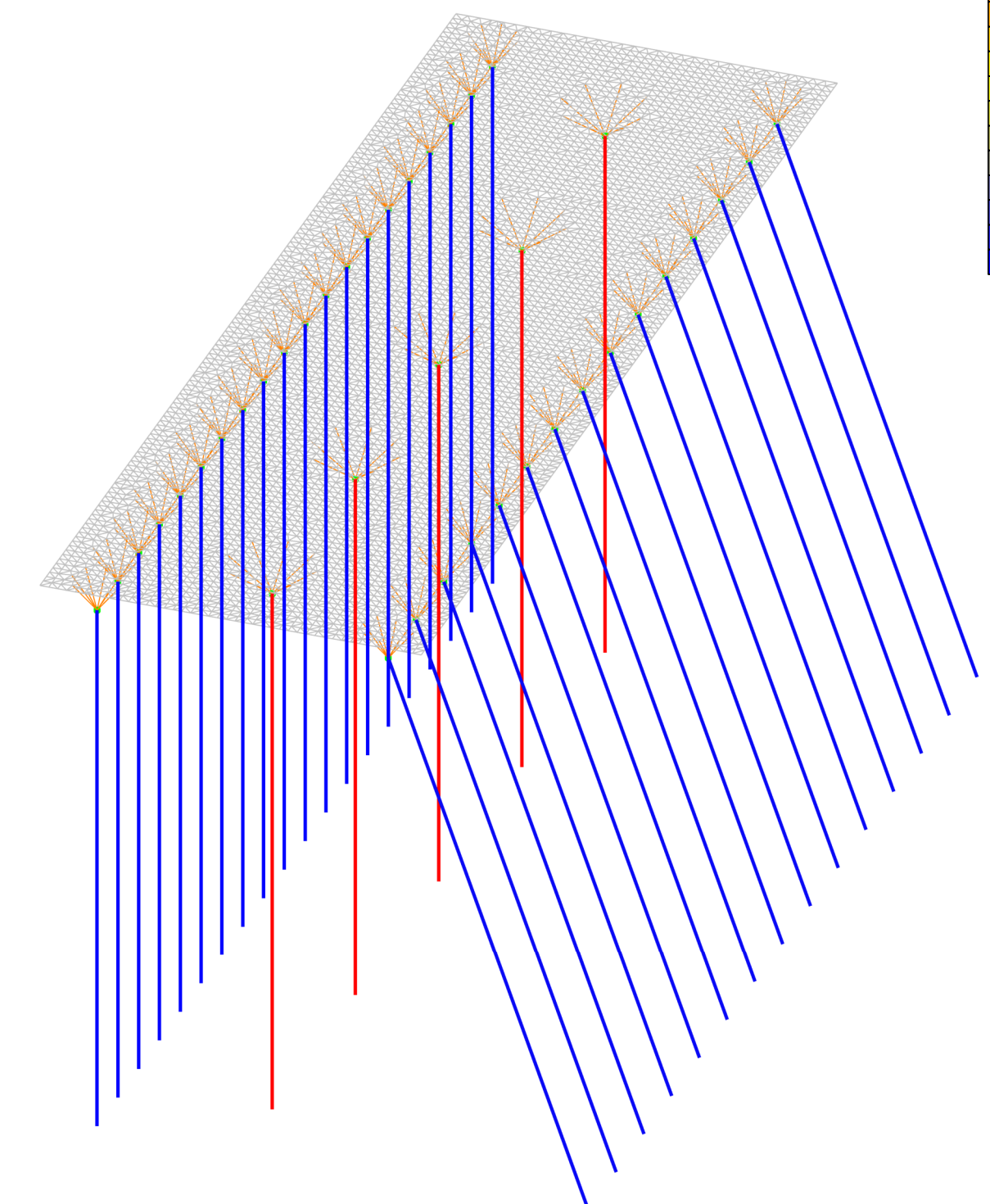
|          |         |
|----------|---------|
| -1120,08 | -928,2  |
| -928,2   | -736,33 |
| -736,33  | -544,45 |
| -544,45  | -352,57 |
| -352,57  | -160,69 |
| -160,69  | 31,19   |
| 31,19    | 223,06  |
| 223,06   | 414,94  |
| 414,94   | 606,82  |
| 606,82   | 798,7   |
| 798,7    | 990,58  |
| 990,58   | 1182,46 |
| 1182,46  | 1374,33 |
| 1374,33  | 1566,21 |
| 1566,21  | 1758,09 |
| 1758,09  | 1949,97 |

Изгибающий момент Mu (т\*м)



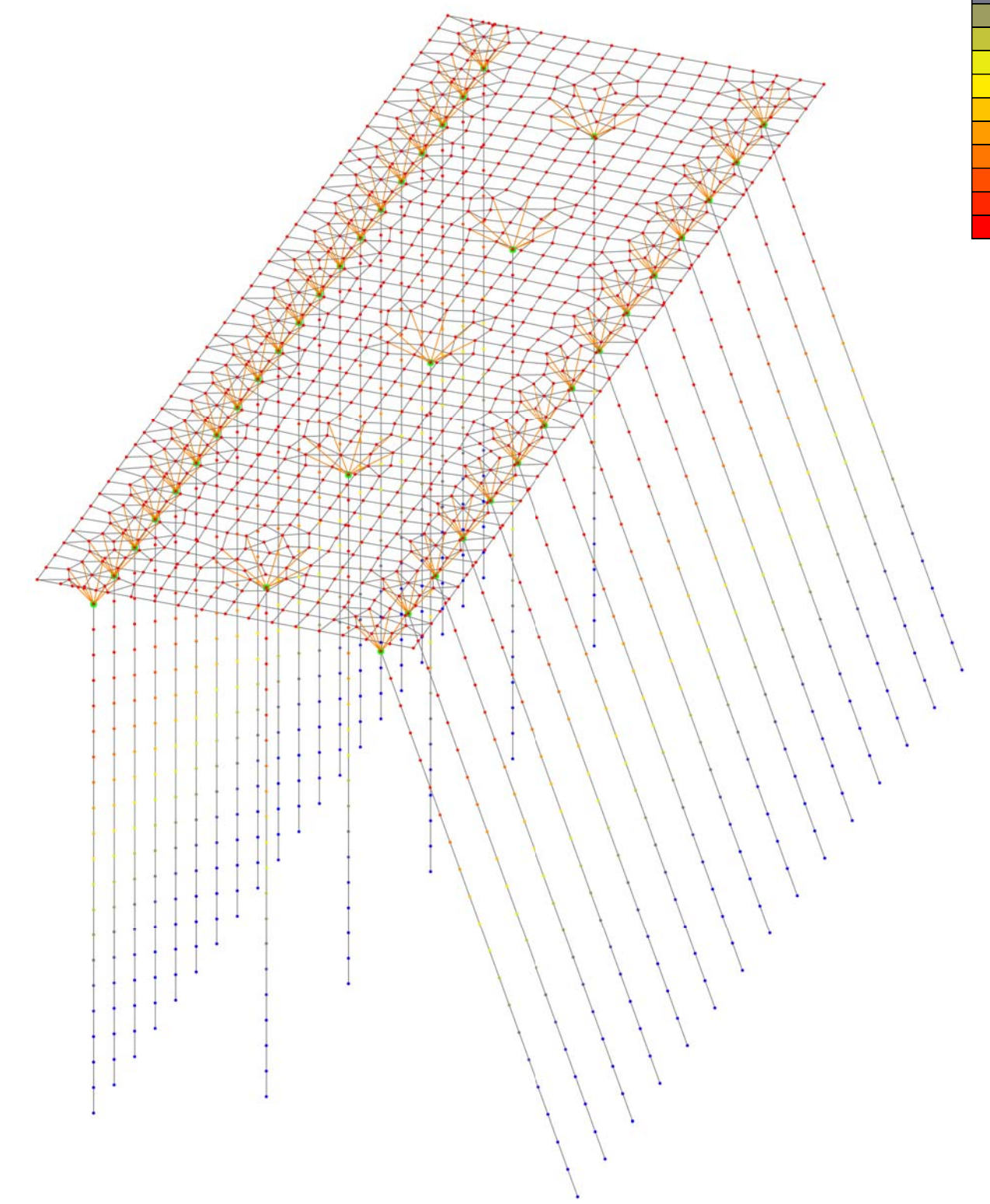
|          |          |
|----------|----------|
| -6972,86 | -6139,43 |
| -6139,43 | -5306    |
| -5306    | -4472,57 |
| -4472,57 | -3639,14 |
| -3639,14 | -2805,7  |
| -2805,7  | -1972,27 |
| -1972,27 | -1138,84 |
| -1138,84 | -305,41  |
| -305,41  | 528,02   |
| 528,02   | 1361,45  |
| 1361,45  | 2194,89  |
| 2194,89  | 3028,32  |
| 3028,32  | 3861,75  |
| 3861,75  | 4695,18  |
| 4695,18  | 5528,61  |
| 5528,61  | 6362,05  |

Поперечная сила Qz (т)



|         |         |
|---------|---------|
| -855,9  | -807,08 |
| -807,08 | -758,27 |
| -758,27 | -709,45 |
| -709,45 | -660,64 |
| -660,64 | -611,82 |
| -611,82 | -563,01 |
| -563,01 | -514,19 |
| -514,19 | -465,38 |
| -465,38 | -416,56 |
| -416,56 | -367,75 |
| -367,75 | -318,93 |
| -318,93 | -270,11 |
| -270,11 | -221,3  |
| -221,3  | -172,48 |
| -172,48 | -123,67 |
| -123,67 | -74,85  |

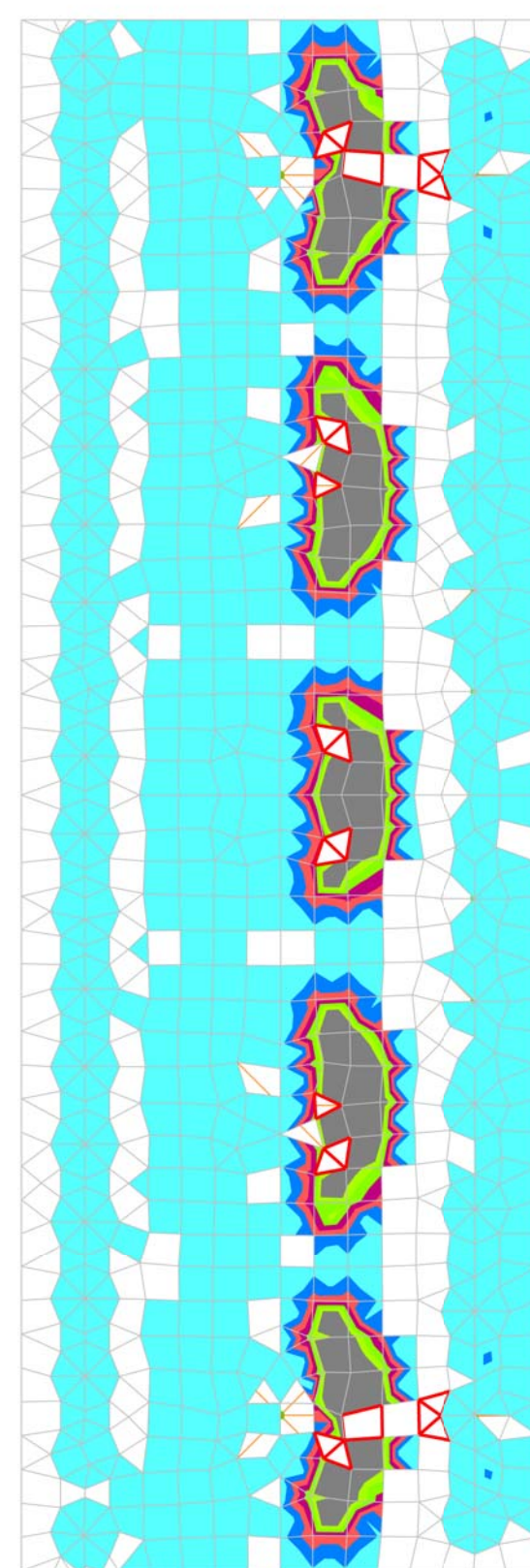
Перемещения (мм)



|       |       |
|-------|-------|
| 0     | 4,79  |
| 4,79  | 9,58  |
| 9,58  | 14,37 |
| 14,37 | 19,16 |
| 19,16 | 23,96 |
| 23,96 | 28,75 |
| 28,75 | 33,54 |
| 33,54 | 38,33 |
| 38,33 | 43,12 |
| 43,12 | 47,91 |
| 47,91 | 52,7  |
| 52,7  | 57,49 |
| 57,49 | 62,29 |
| 62,29 | 67,08 |

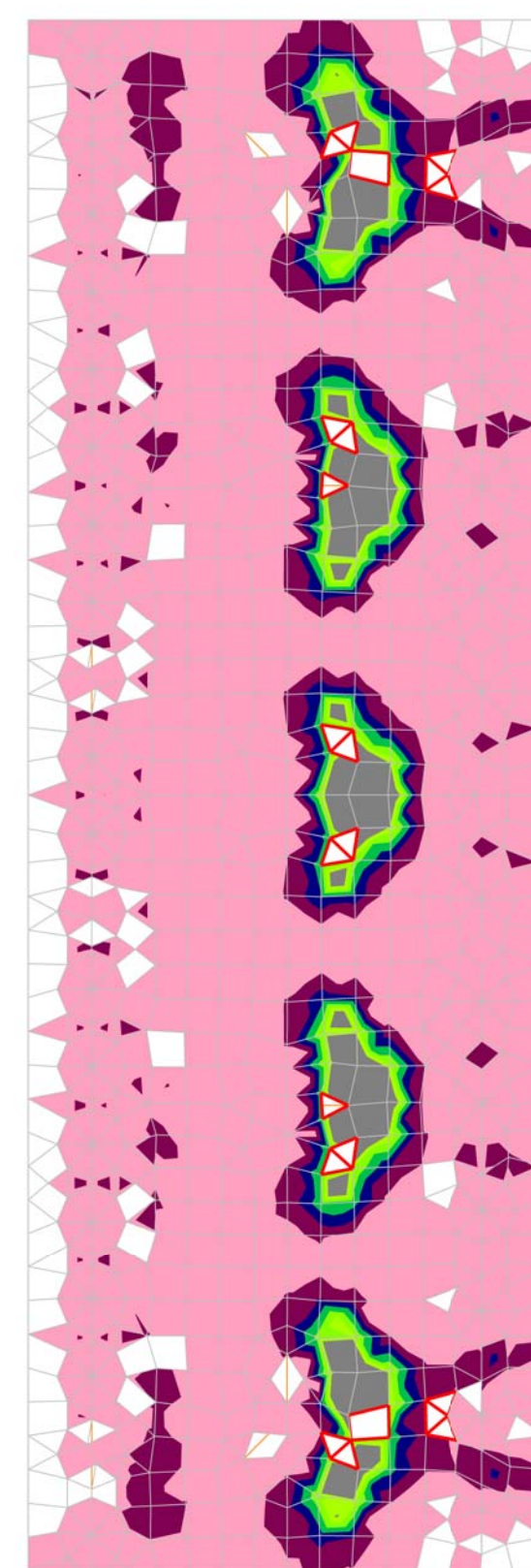
## Схемы армирования при шаге 200мм

Нижнее армирование вдоль оси X



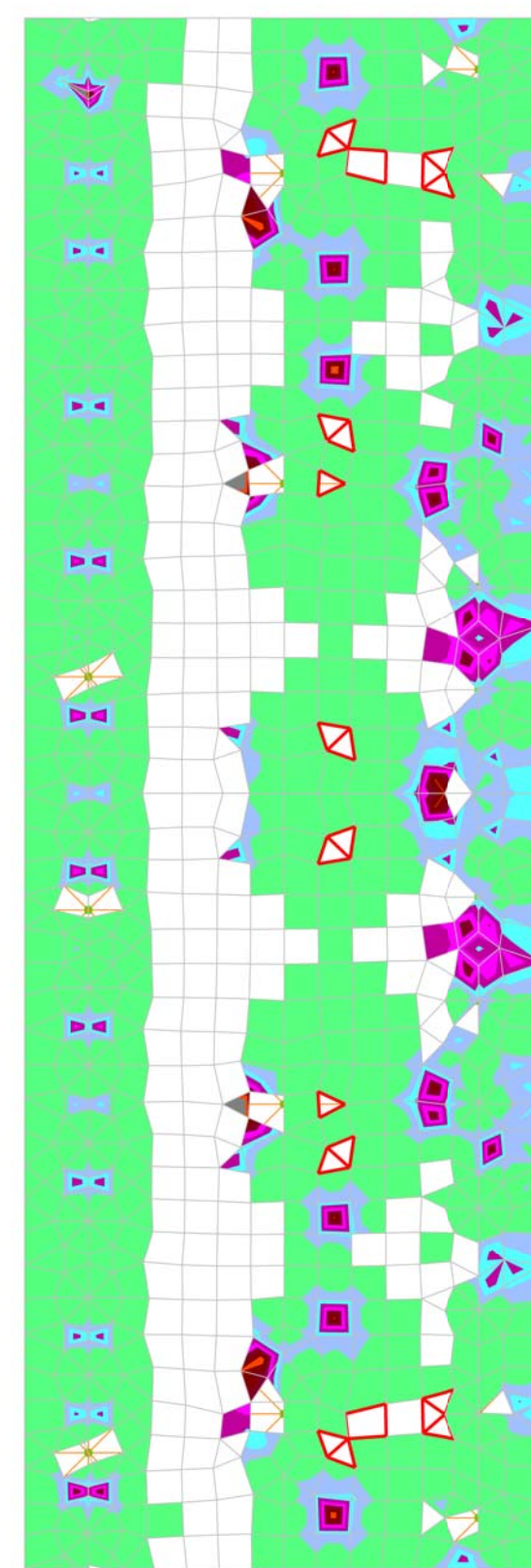
|         |       |
|---------|-------|
| d20/200 | 14,85 |
| d28/200 | 29,69 |
| d36/200 | 44,54 |
| d40/200 | 59,38 |
| d50/200 | 74,23 |
| d63/200 | 89,07 |

Нижнее армирование вдоль оси Y



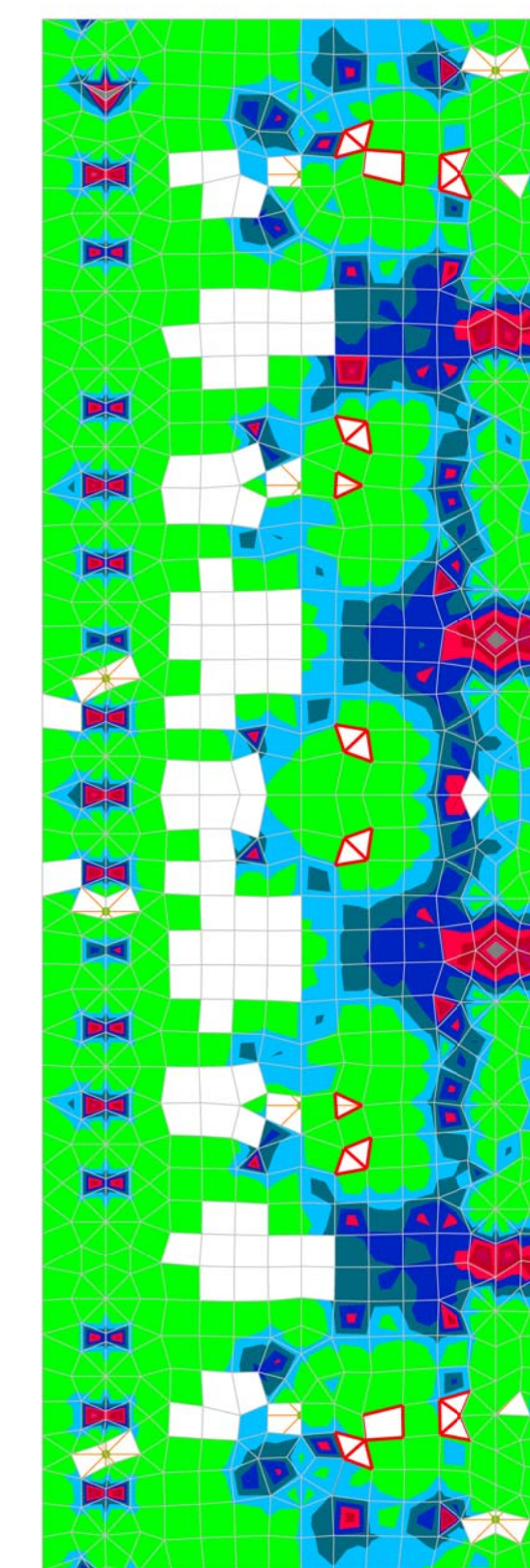
|         |       |
|---------|-------|
| d18/200 | 12,24 |
| d25/200 | 24,48 |
| d32/200 | 36,71 |
| d36/200 | 48,95 |
| d40/200 | 61,19 |
| d50/200 | 73,43 |

Верхнее армирование вдоль оси X



|         |       |
|---------|-------|
| d6/200  | 1,42  |
| d10/200 | 2,84  |
| d12/200 | 4,26  |
| d14/200 | 5,68  |
| d16/200 | 7,1   |
| d18/200 | 8,52  |
| d20/200 | 9,93  |
| d18/200 | 11,35 |

Верхнее армирование вдоль оси Y

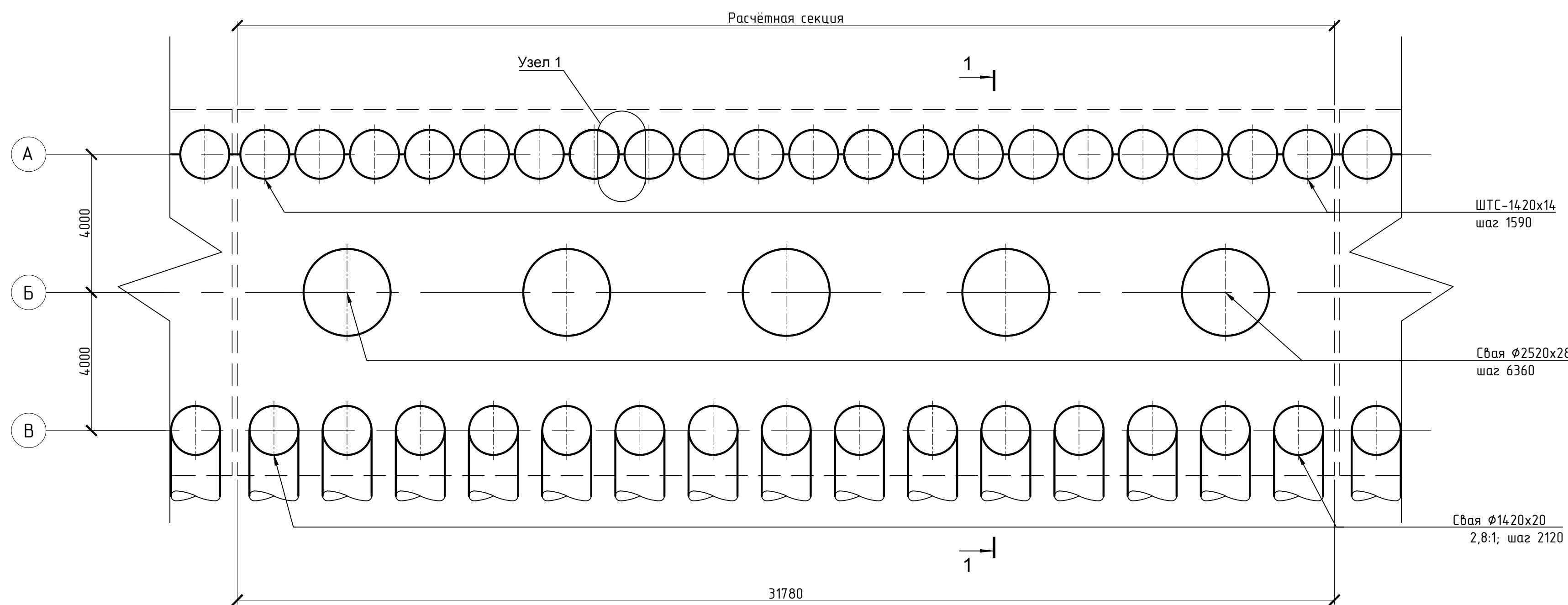


|         |      |
|---------|------|
| d8/200  | 2,2  |
| d12/200 | 4,4  |
| d14/200 | 6,6  |
| d16/200 | 8,8  |
| d18/200 | 11   |
| d20/200 | 13,2 |
| d25/200 | 16,5 |
| d32/200 | 21,6 |

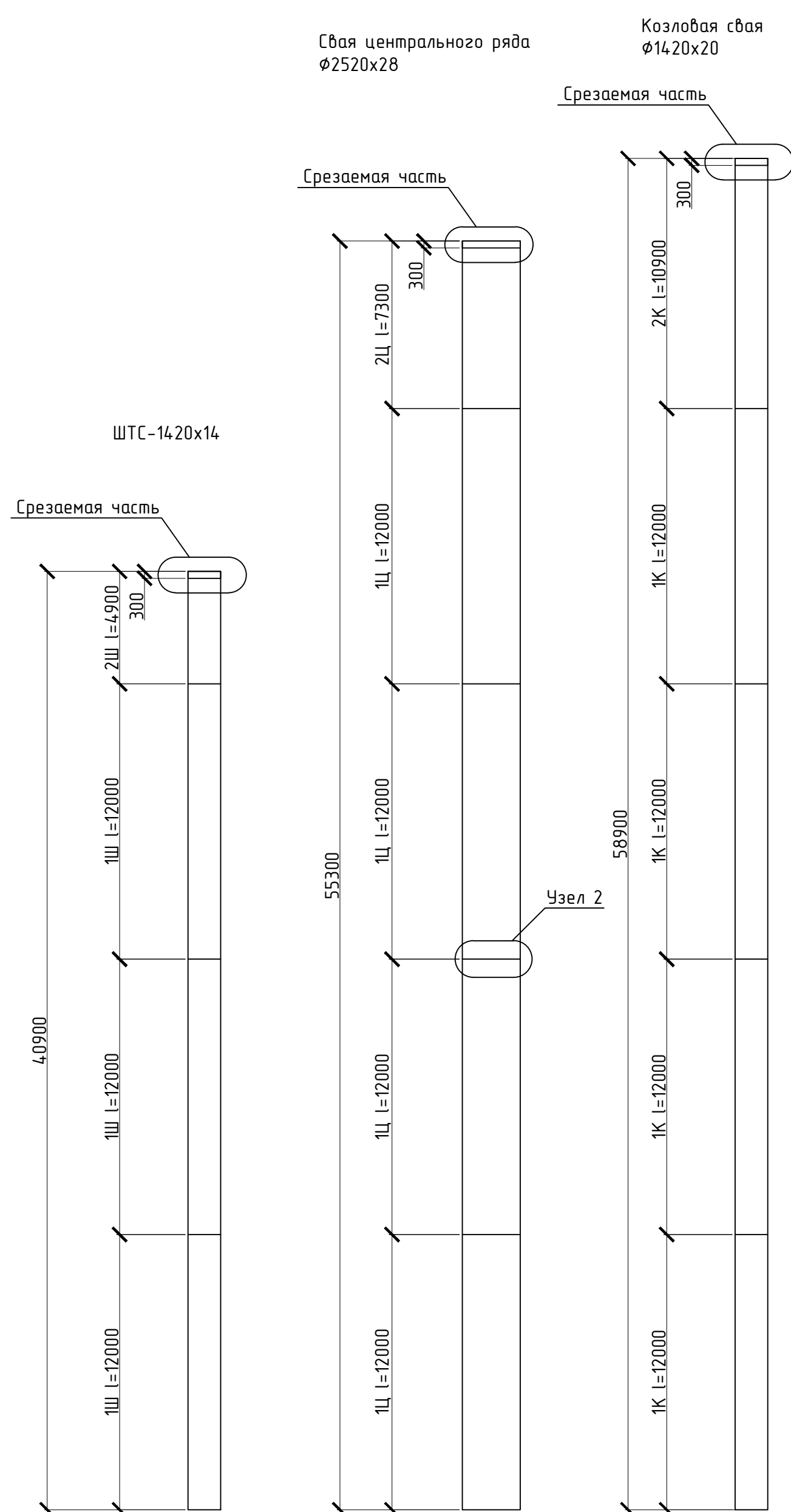
|               |                 |       |      |   |                           |      |        |
|---------------|-----------------|-------|------|---|---------------------------|------|--------|
|               |                 |       |      | РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ<br>Инженерная академия<br>Направление "Строительство" |                           |      |        |
|               |                 |       |      | Выпускная квалификационная работа бакалавра   |                           |      |        |
| Должность     | Фамилия         | Подп. | Дата | Ледозащитное сооружение. Терминал "Утренний".   | Стая                      | Лист | Листов |
| Дир. департа. | Рыжовская М.И.  |       |      |   | ВКР                       | 6    | 12     |
| Рук. ООП      | Мордвинцев М.И. |       |      | Результаты расчёта в SCAD   | Департамент строительства |      |        |
| Н.Рук.в       | Мордвинцев К.П. |       |      |   |                           |      |        |
| Консультант   | Алисейко М.С.   |       |      |   |                           |      |        |
| Студент       |                 |       |      |   |                           |      |        |



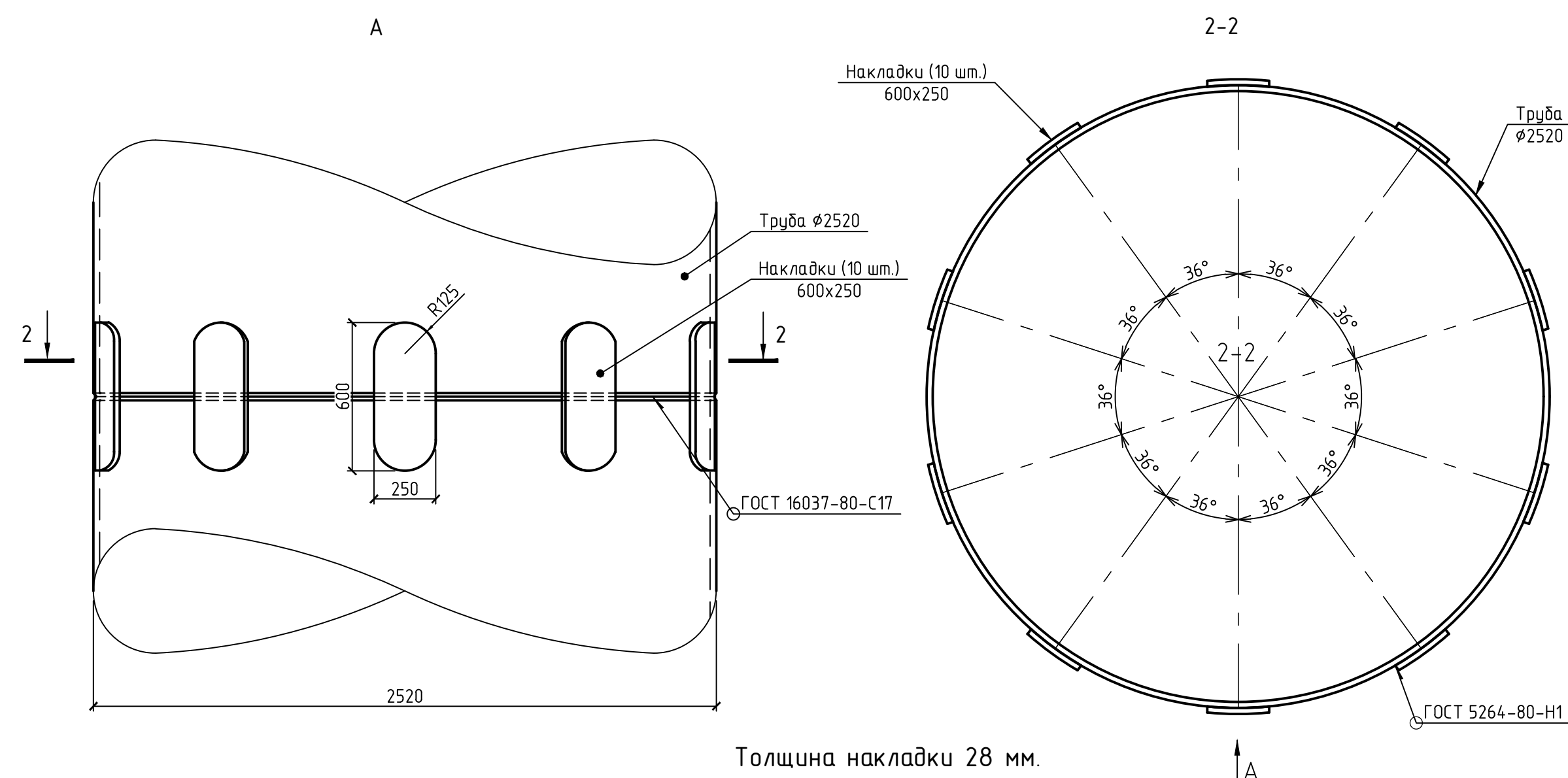
# План свайного основания



## Схема деления труб на отправочные элементы



## Узел 2 (схема стыковки труб)

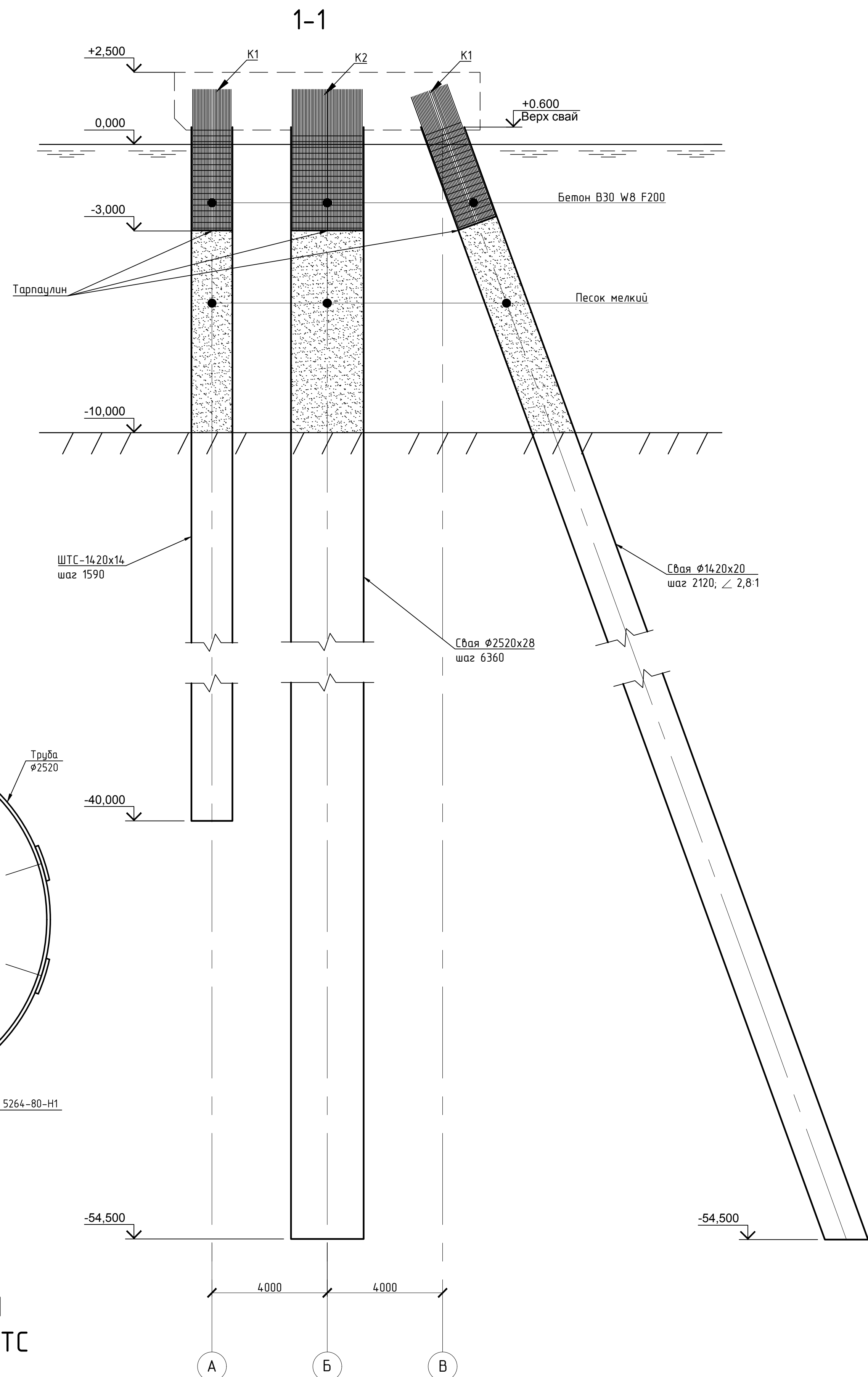
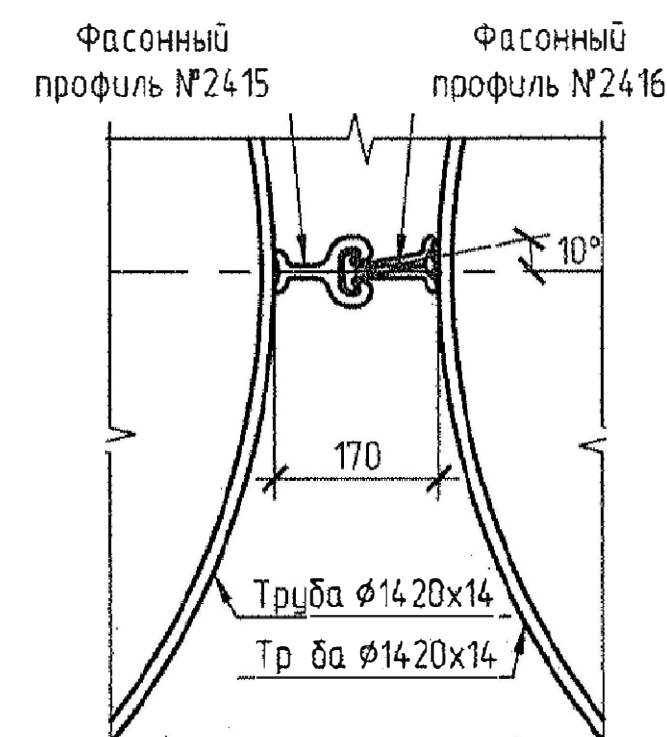


## Спецификация на отправочные элементы труб

| Марка элемента                  | Наименование элемента            | Кол-во элементов | Масса, кг |         | ГОСТ              |
|---------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------|---------|-------------------|
|                                 |                                  |                  | элемента  | всех    |                   |
| ШТС - 1420x14                   |                                  |                  |           |         |                   |
| 1Ш                              | Шпунт трубчатый сварной          | 3                | 5824,8    | 17474,4 | ГОСТ Р 52664-2010 |
| 2Ш                              | Шпунт трубчатый сварной          | 1                | 2378,5    | 2378,5  | ГОСТ Р 52664-2010 |
| Сваи центрального ряда φ2520x28 |                                  |                  |           |         |                   |
| 1Ц                              | Труба электросварная прямошовная | 4                | 20649,4   | 82597,6 | ГОСТ 33228-2015   |
| 2Ц                              | Труба электросварная прямошовная | 1                | 12561,7   | 12561,7 | ГОСТ 33228-2015   |
| Козловые сваи φ1420x20          |                                  |                  |           |         |                   |
| 1К                              | Труба электросварная прямошовная | 4                | 8286,2    | 33144,8 | ГОСТ Р 52664-2010 |
| 2К                              | Труба электросварная прямошовная | 1                | 7526,7    | 7526,7  | ГОСТ Р 52664-2010 |

Примечание: спецификация дана на 1 элемент каждого типа

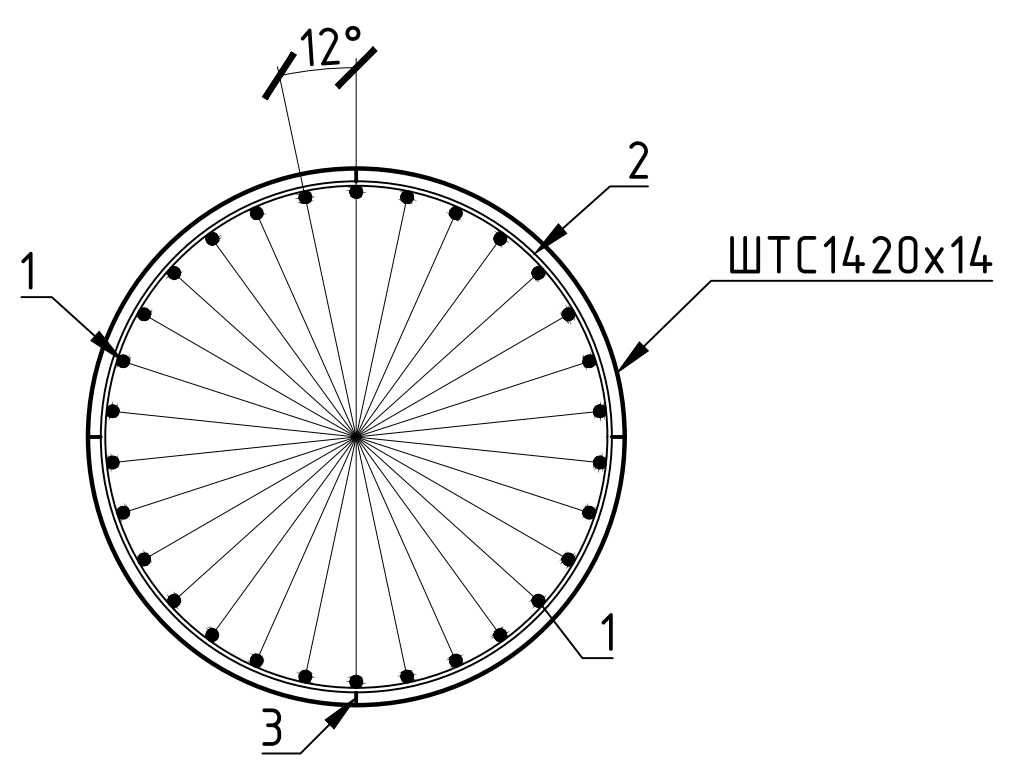
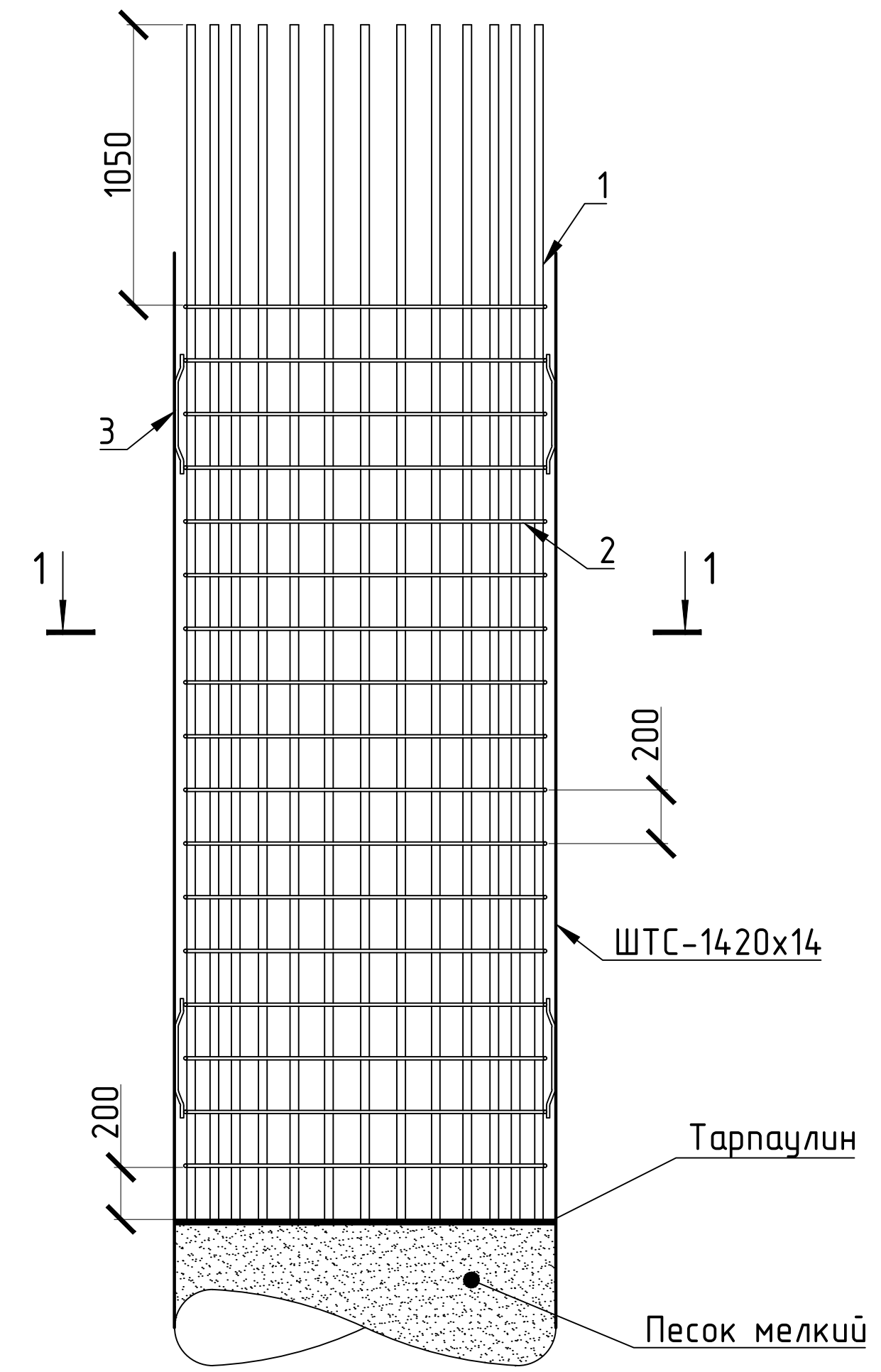
## Узел 1 замок ШТС



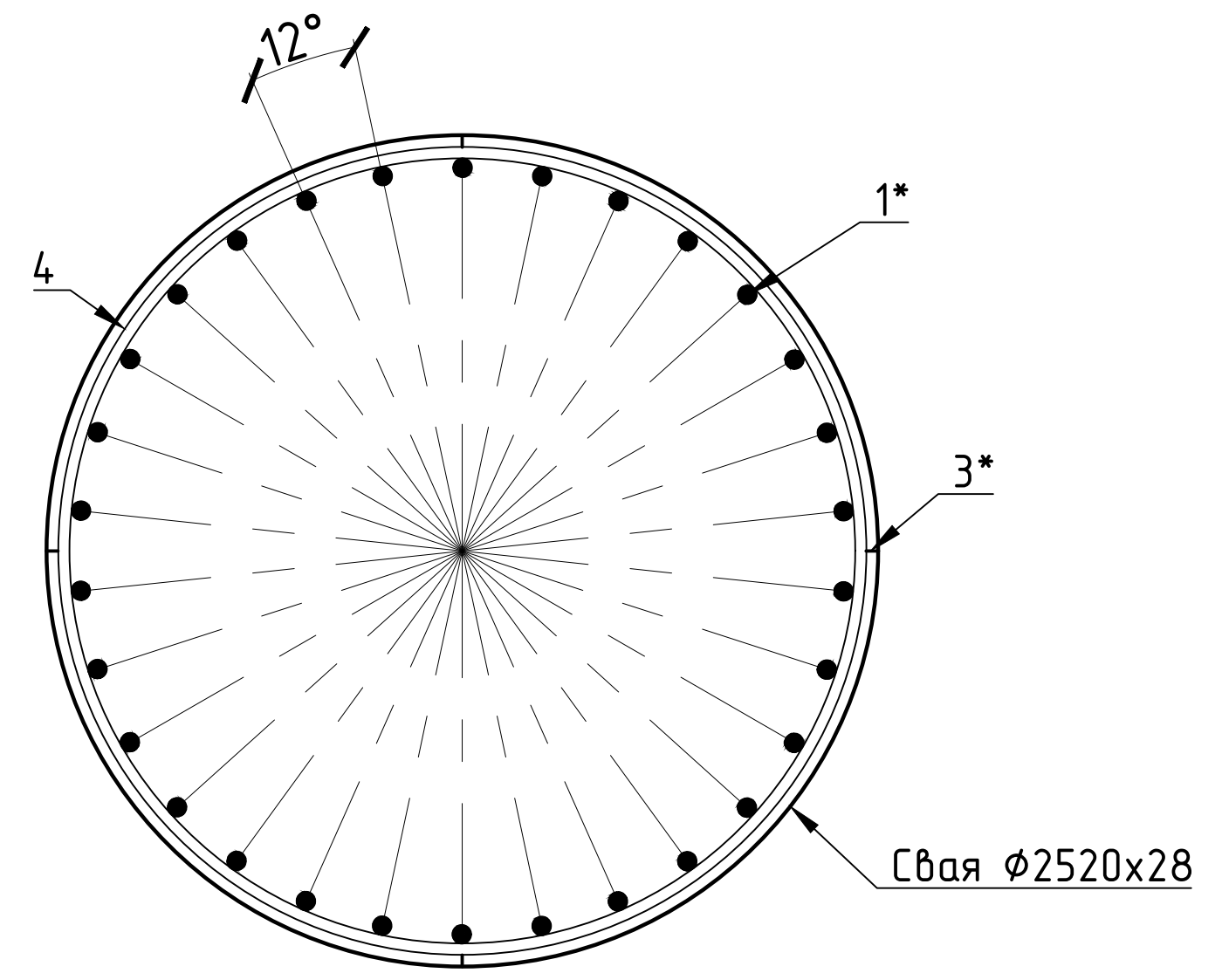
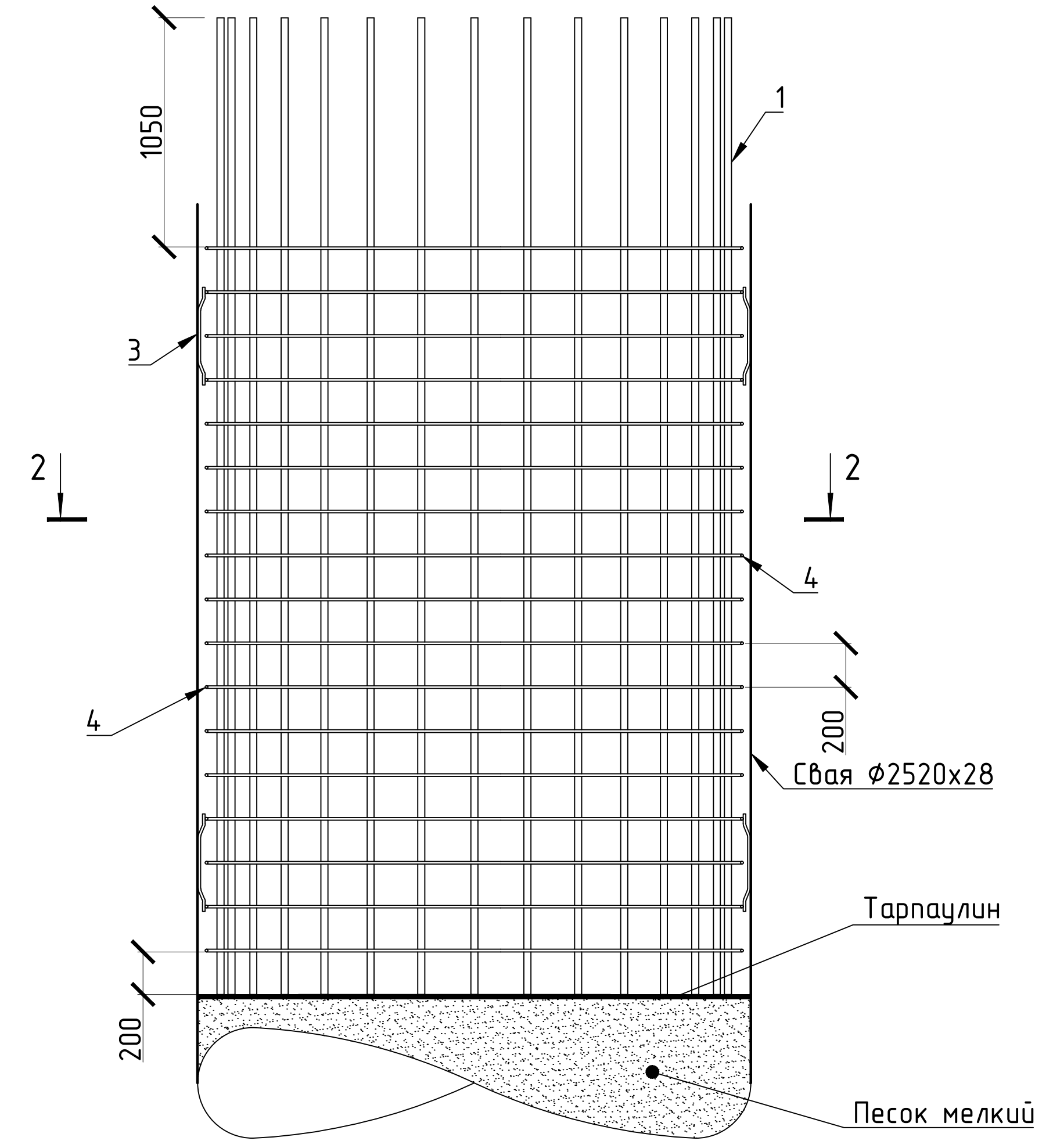
Примечание: Данный лист смотреть совместно с листом 8.

|   |                |        |                           |
|---|----------------|--------|---------------------------|
| РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ<br>Инженерная академия<br>Направление "Строительство" |                |        |                           |
| Выпускная квалификационная работа бакалавра   |                |        |                           |
| Должность   | Фамилия        | Подп.  | Дата                      |
| Дир. департа.   | Рыжовская МИ   |        |                           |
| Рук. ООП  | Рыжовская МИ   |        |                           |
| Н.Рук.об  | Мардницыв К.П. |        |                           |
| Консультант   | Мардницыв К.П. |        |                           |
| Студент   | Алгеико М.С.   |        |                           |
| обанция   |                |        | Департамент строительства |
| Стадия  | Лист           | Листов |                           |
| ВКР   | +              | 12     |                           |

K1  
(M 1:20)



K2  
(M 1:20)



Спецификация

| Поз. | Обозначение       | Наименование | Кол. | Масса ед, кг | Примечание |
|------|-------------------|--------------|------|--------------|------------|
| K1   |                   |              | 35   | 866,4        | 30324      |
| 1    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø32A500С L=  | 4450 | 30           | 28,1 84,3  |
| 2    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø12A500С L=  | 1450 | 17           | 1,29 21,9  |
| 3    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø12A500С L=  | 415  | 4            | 0,37 1,48  |
| K2   |                   |              | 5    | 882,2        | 4411       |
| 1*   | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø32A500С L=  | 4450 | 30           | 28,1 84,3  |
| 4    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø12A500С L=  | 2500 | 17           | 2,22 37,7  |
| 3*   | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø12A500С L=  | 415  | 4            | 0,37 1,48  |

Ведомость деталей

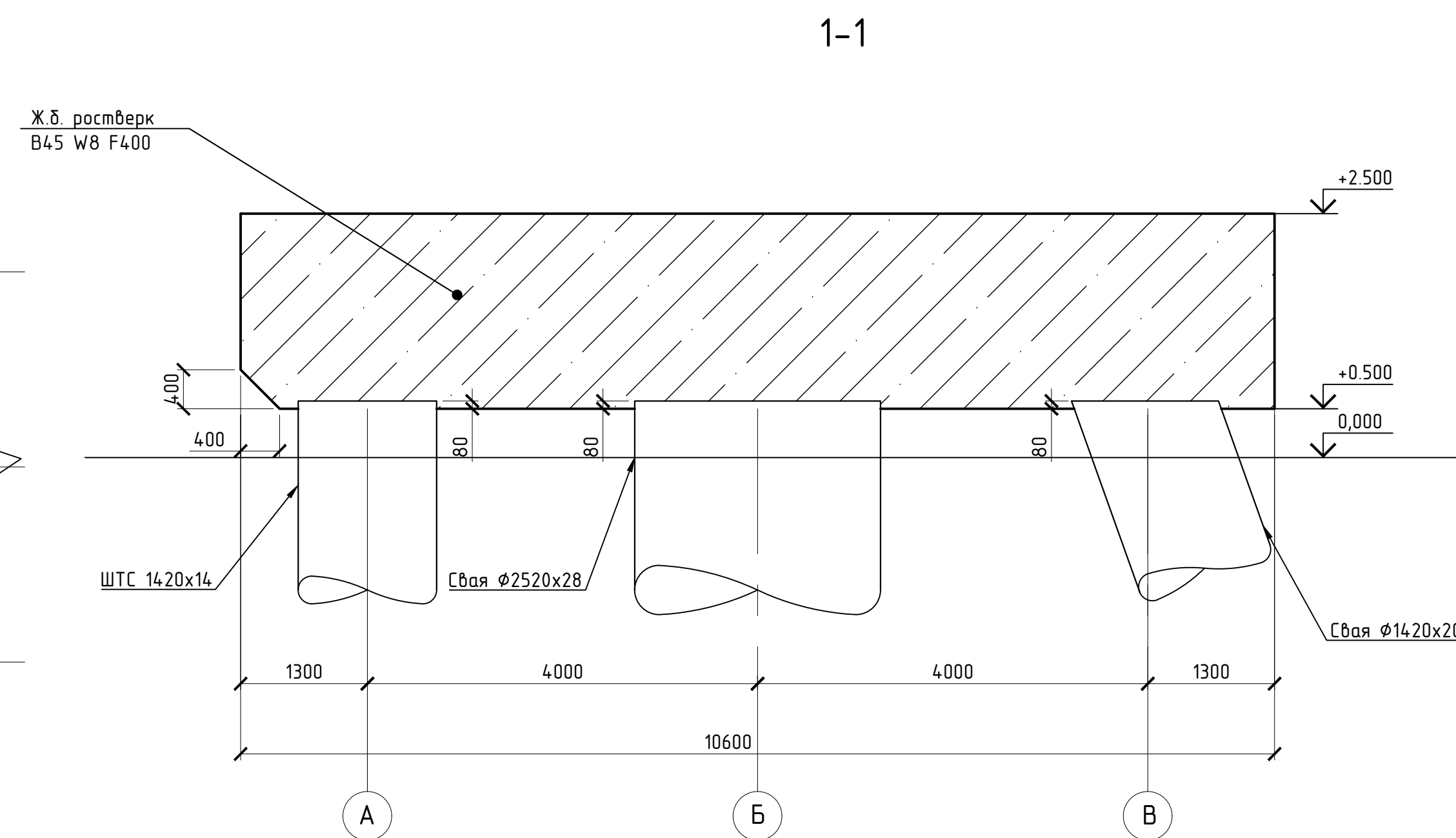
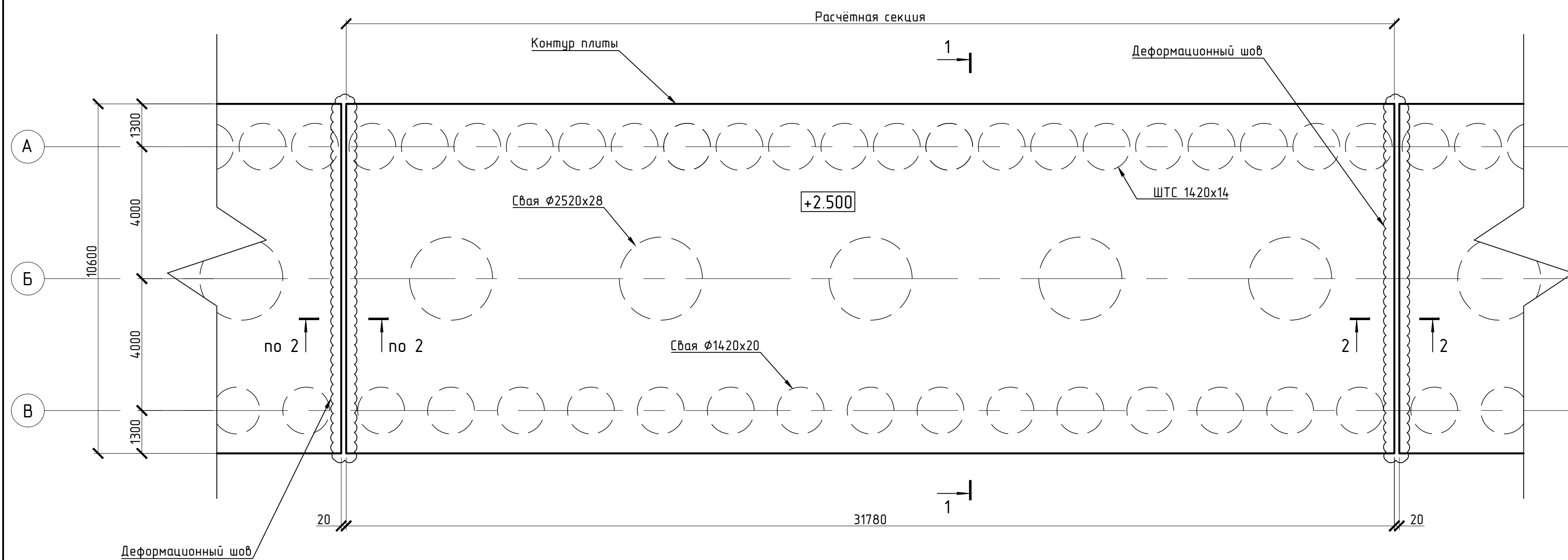
| Поз.  | Эскиз детали                            |
|-------|---|
| 4     | ГОСТ 14.098-2014-С23-Рэ<br>lн=120мм<br> |
| 3(3*) |   |
| 2     | ГОСТ 14.098-2014-С23-Рэ<br>lн=120мм<br> |

- Примечания:
- данный лист смотреть совместно с листом 7;
  - деталь позиции 3(3\*) и продольная арматура позиции 1(1\*) приваривается к поперечной арматуре ручной дуговой сваркой. Шов КЗ-Рп ГОСТ 14.098-2014.

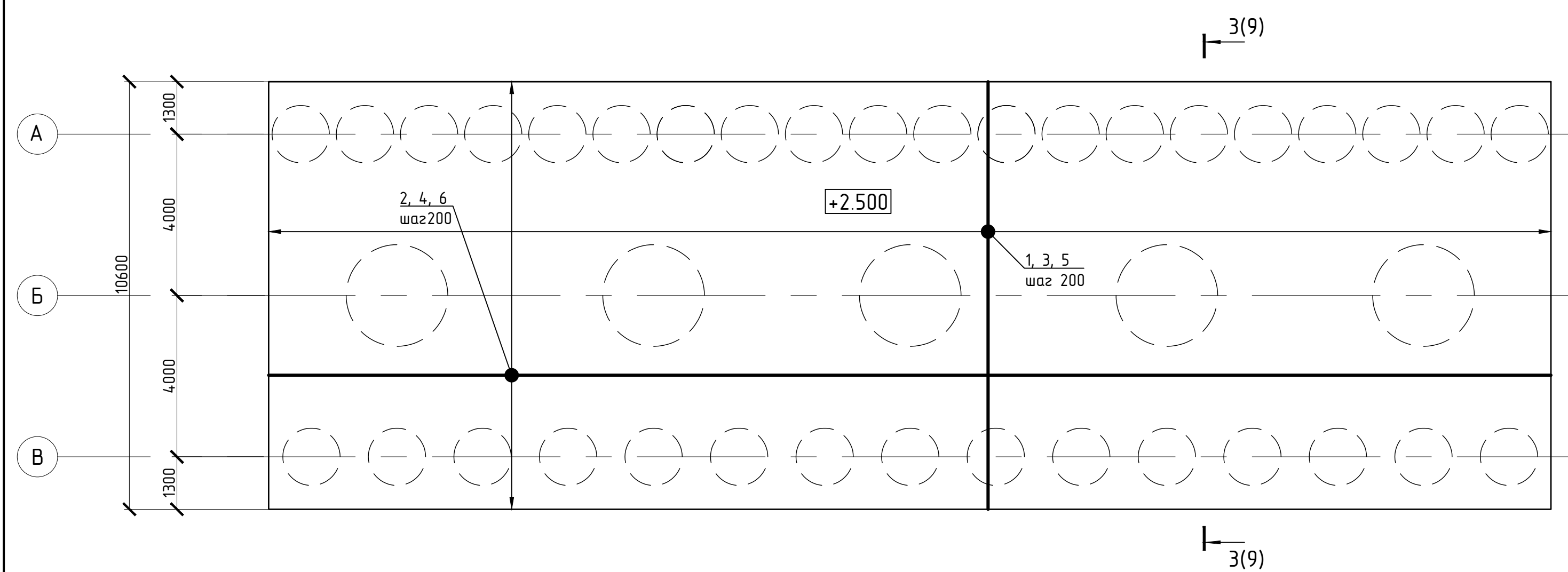
|              |                 |       |      |   |      |        |
|--------------|-----------------|-------|------|---|------|--------|
|              |                 |       |      | РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ<br>Инженерная академия<br>Направление "Строительство" |      |        |
|              |                 |       |      | Выпускная квалификационная работа бакалавра   |      |        |
| Дир. департ. | Фамилия.        | Подп. | Дата | Стадия  | Лист | Листов |
| Рук. ООП     | Рыжовская МИ    |       |      | ВКР   | 8    | 12     |
| Н.Рук.об     | Мордвинцев К.П. |       |      | Департамент строительства   |      |        |
| Консультант  | Мордвинцев К.П. |       |      | ования  |      |        |
| Студент      | Алгеико МС      |       |      |   |      |        |

Согласовано  
Имя, И. подп.  
Подпись и дата  
Взам. ина. N

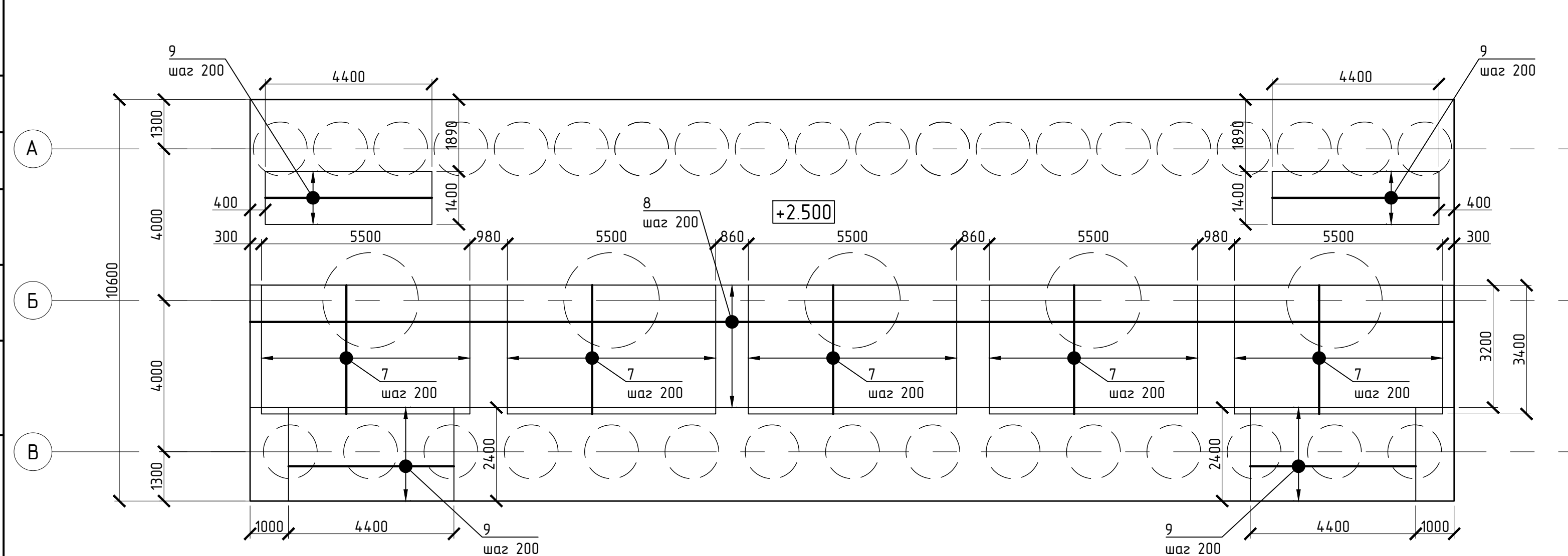
# Опалубочный план ростверка



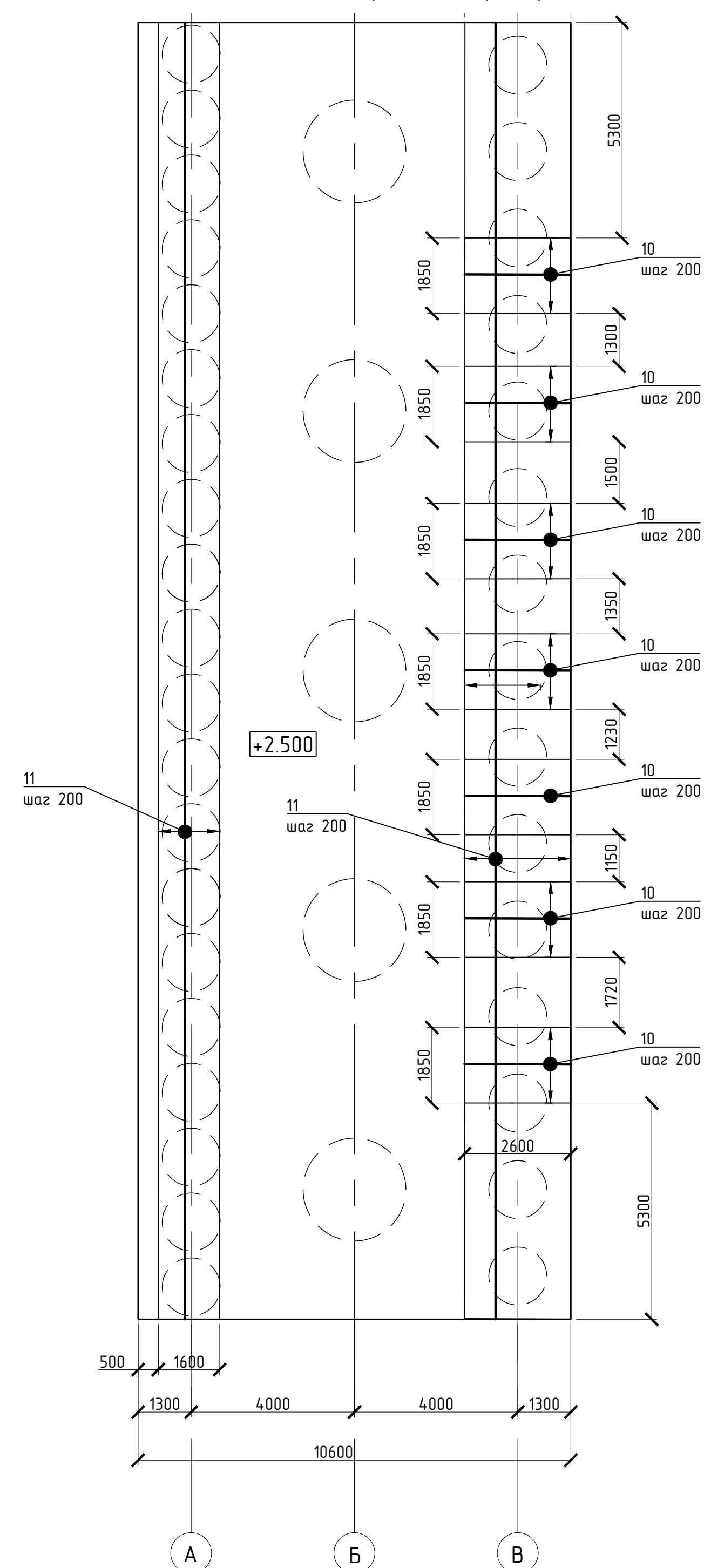
## Основное армирование



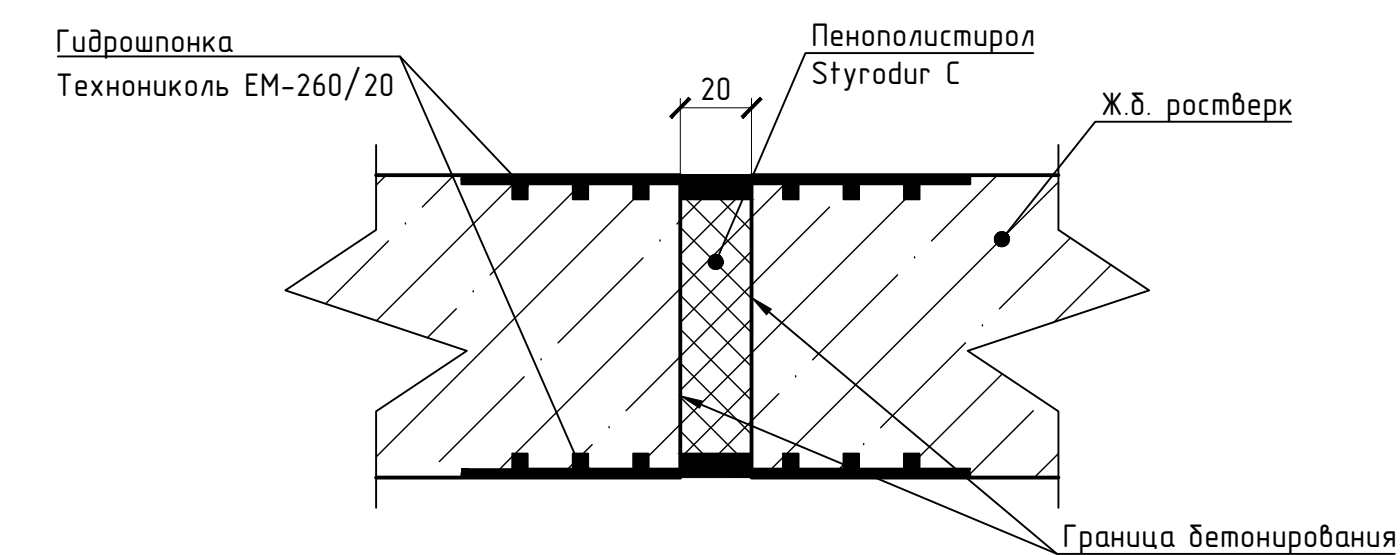
## Дополнительное нижнее армирование



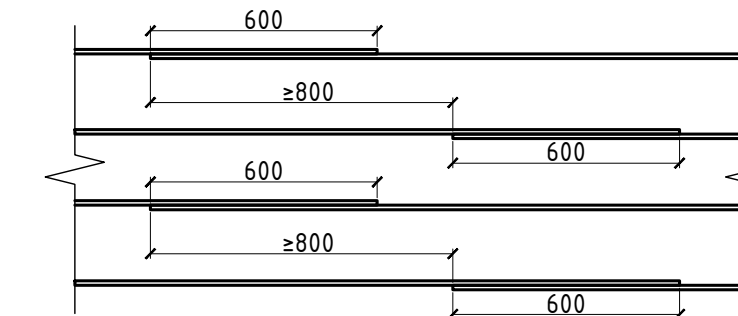
## Дополнительное верхнее армирование



## 2-2 (устройство деформационного шва)



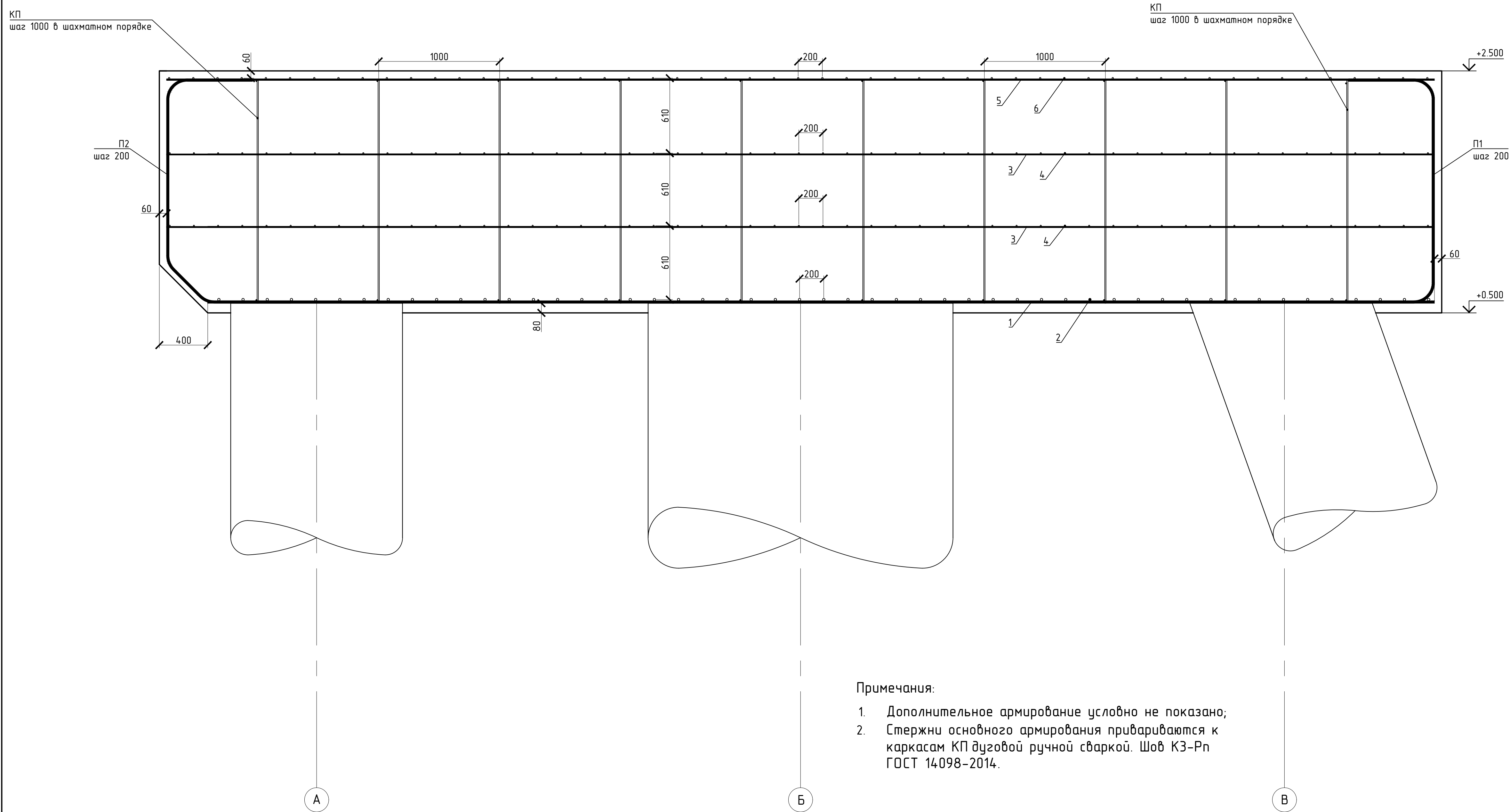
## Схема нахлёста арматурных стержней φ12A500С



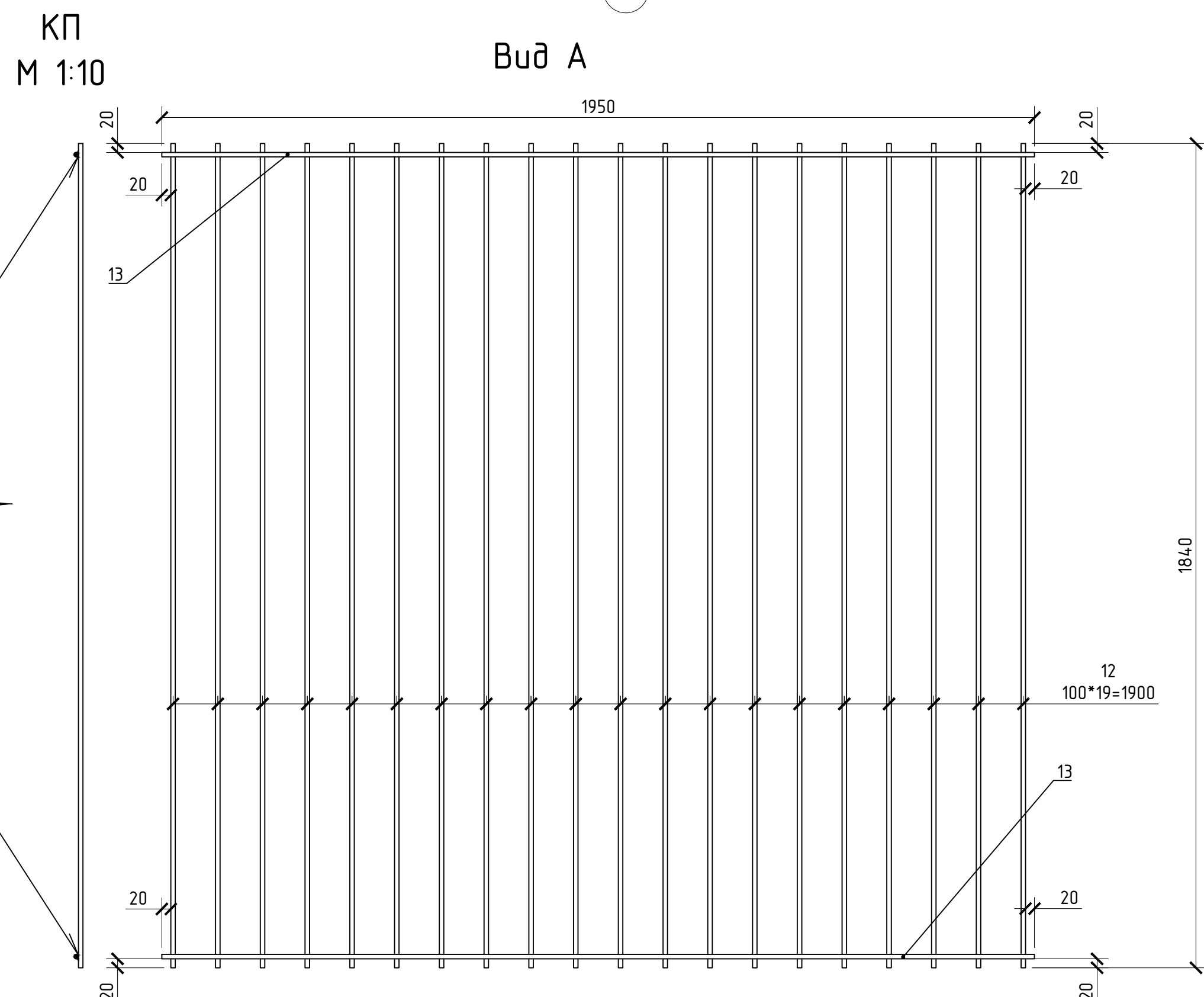
- Примечания:  
 1) На данном листе сваи показаны условно;  
 2) Данный лист смотреть совместно с листом 10;  
 3) выпуски из свай в плиту ростверка см лист 8;  
 4) спецификацию армирования ростверка см лист 10.

|              |                   |       |      | РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ<br>Инженерная академия<br>Направление "Строительство" |                       |      |        |    |
|--------------|-------------------|-------|------|---|-----------------------|------|--------|----|
|              |                   |       |      | Выпускная квалификационная работа бакалавра   |                       |      |        |    |
| Должность    | Фамилия           | Подп. | Дата | Ледозащитное сооружение. Терминал "Утренний".   | Стадия                | Лист | Листов |    |
| Дир. департ. | Рыжовская М.И.    |       |      |   | Конструкция ростверка | ВКР  | 9      | 12 |
| Рук. ООП     | Рыжовская М.И.    |       |      | Департамент строительства   |                       |      |        |    |
| Н.Рук.об.    | Мордвинцев В.К.П. |       |      |   |                       |      |        |    |
| Консультант  | Мордвинцев В.К.П. |       |      |   |                       |      |        |    |
| Студент      | Алгеико М.С.      |       |      |   |                       |      |        |    |

Согласовано  
 Подпись и дата  
 Имя, Фамилия



Примечания:  
 1. Дополнительное армирование условно не показано;  
 2. Стержни основного армирования привариваются к каркасам КП дуговой ручной сваркой. Шов КЗ-Рп ГОСТ 14098-2014.



Спецификация

| Поз. | Обозначение       | Наименование               | Кол.    | Масса ед, кг | Примечание |        |
|------|-------------------|----------------------------|---------|--------------|------------|--------|
| 1    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø20A500С L=                | 10480   | 159          | 25,8       | 4102,2 |
| 2    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø20A500С L <sub>св</sub> = | 1753,9м |              |            | 4325,1 |
| 3    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø10A500С L=                | 10480   | 159          | 6,5        | 1033,5 |
| 4    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø10A500С L <sub>св</sub> = | 1735,0м |              |            | 1070,5 |
| 5    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø12A500С L=                | 10480   | 159          | 9,3        | 1478,7 |
| 6    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø12A500С L <sub>св</sub> = | 1738,8м |              |            | 1544,1 |
| 7    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø25A500С L=                | 3400    | 137          | 13,1       | 1794,7 |
| 8    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø18A500С L <sub>св</sub> = | 551,0м  |              |            | 1100,9 |
| 9    | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø18A500С L=                | 4400,0  | 42           | 8,8        | 369,6  |
| 10   | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø12A500С L=                | 2600,0  | 65           | 2,3        | 149,5  |
| 11   | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø16A500С L <sub>св</sub> = | 744,4м  |              |            | 1174,7 |
| П-1  | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø20A500С L=                | 3120    | 159          | 7,7        | 1224,3 |
| П-2  | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø20A500С L=                | 3300    | 159          | 8,1        | 1287,9 |
| КП   |                   |                            |         | 337          | 16,7       | 5627,9 |
| 12   | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø10A500С L=                | 1840    | 13           | 1,1        | 14,3   |
| 13   | ГОСТ Р 52544-2006 | Ø10A500С L=                | 1950    | 2            | 1,2        | 2,4    |

В спецификации учтены длины нахлестов.

Ведомость деталей

| Поз. | Эскиз детали |
|------|--------------|
| П-1  |              |
| П-2  |              |

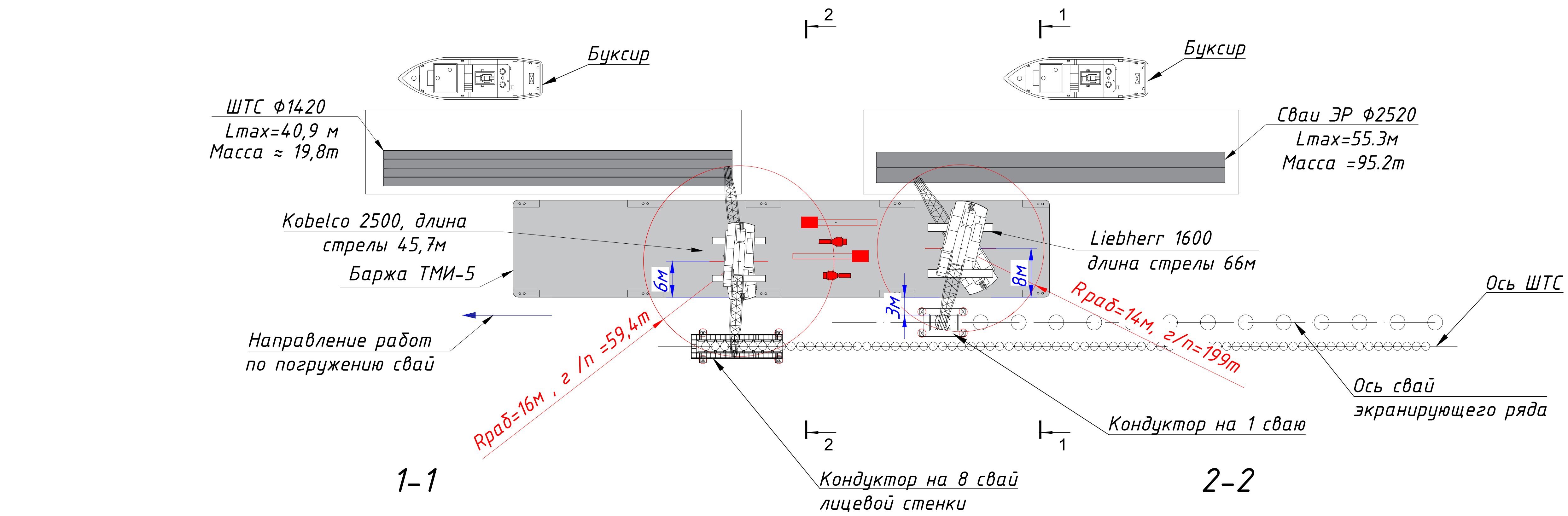
Примечания:  
 1) Данный лист смотреть совместно с листом 9;  
 2) выпуски из свай в плиту ростверка см. лист 8.

|               |                 |       |      |   |                           |      |        |
|---------------|-----------------|-------|------|---|---------------------------|------|--------|
|               |                 |       |      | РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ<br>Инженерная академия<br>Направление "Строительство" |                           |      |        |
|               |                 |       |      | Выпускная квалификационная работа бакалавра   |                           |      |        |
| Дир. департа. | Рыжовская МИ    | Полн. | Дата | Ледозащитное сооружение. Терминал "Утренний".   | Стадия                    | Лист | Листов |
| Рук. ООП      | Рыжовская МИ    |       |      |   | ВКР                       | 10   | 12     |
| Н.Рук.об      | Мордвинцев К.П. |       |      | Конструкция ростверка   | Департамент строительства |      |        |
| Консультант   | Мордвинцев К.П. |       |      |   |                           |      |        |
| Студент       | Алисейко М.С.   |       |      |   |                           |      |        |

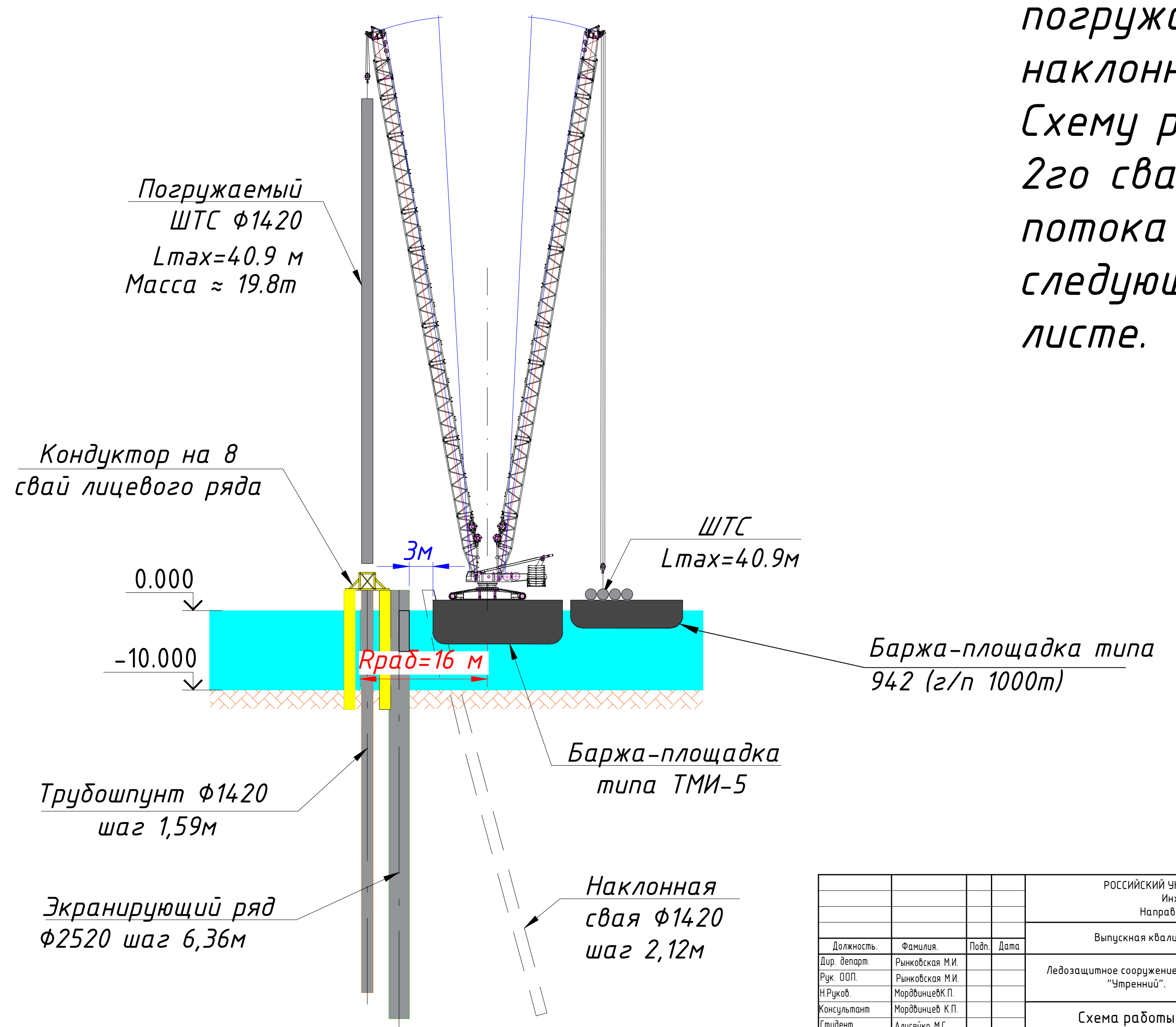
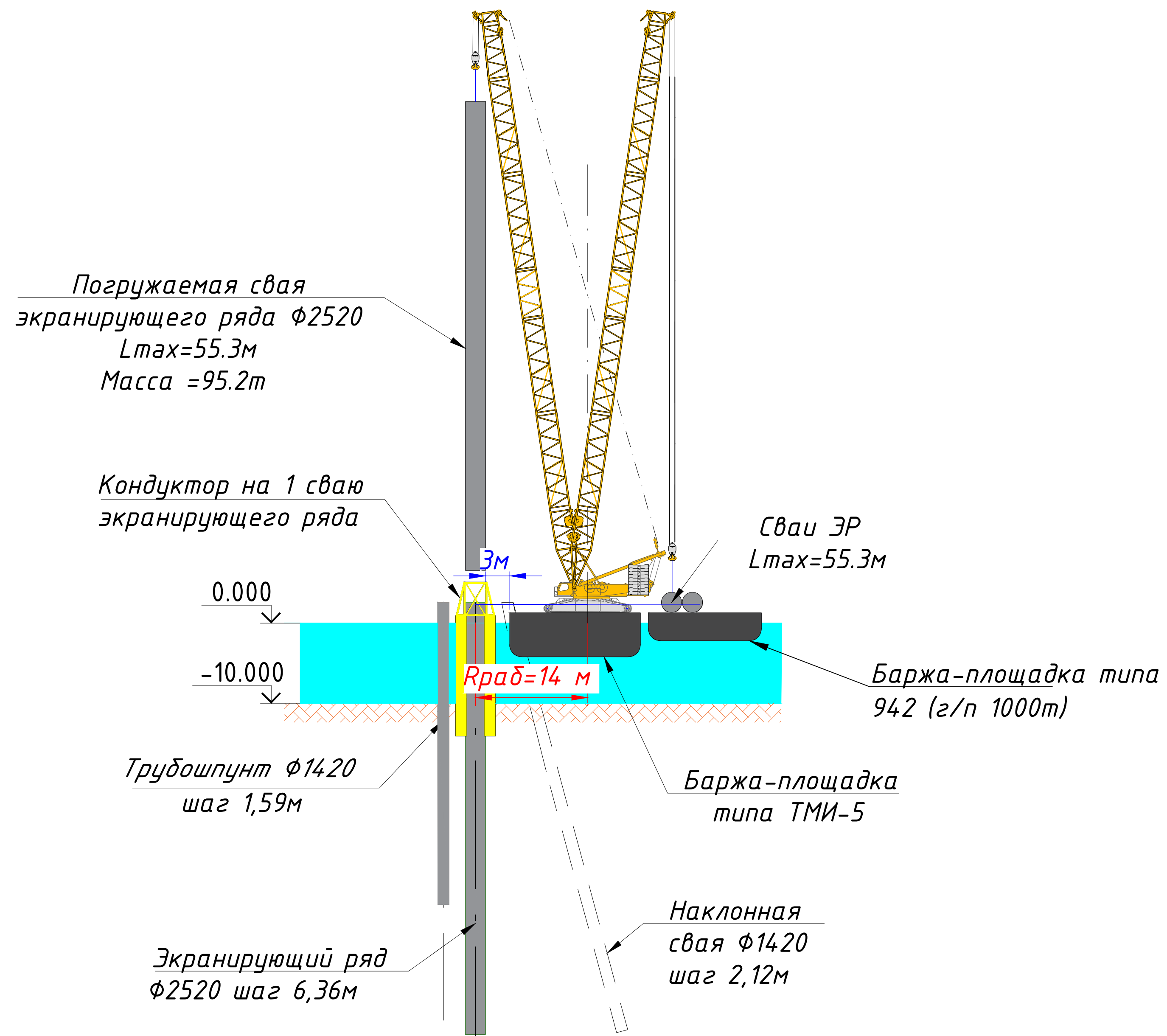
|                |  |
|----------------|--|
| Согласовано    |  |
| Имя, И.П.подп. |  |
| Подпись и дата |  |
| Взам. инж. Н   |  |



# Схема работы 1го сваебойного потока



После погружения 8 ШТС и 1 сваи экранирующего ряда со стороны ШТС подходит 2 сваебойный поток, погружающий наклонные сваи. Схему работы 2го сваебойного потока см. на следующем листе.

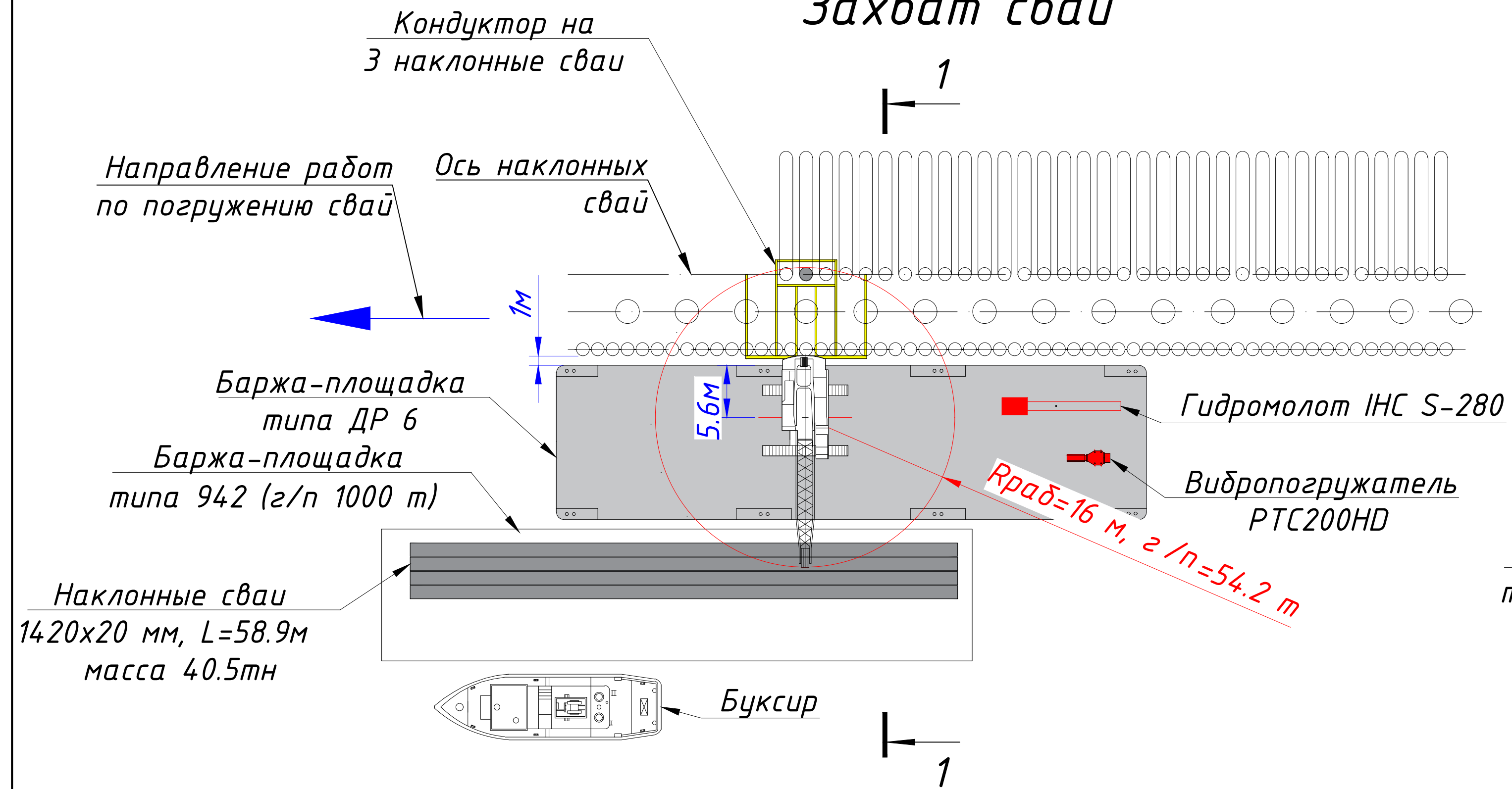


|   |                  |       |      |   |      |        |
|---|------------------|-------|------|---|------|--------|
| РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ<br>Инженерная академия<br>Направление "Строительство" |                  |       |      | Выпускная квалификационная работа бакалавра |      |        |
| Дир. Департа  | Рыжовская М.И.   | Подп. | Дата | Листов                                      | Лист | Листов |
| Рук. ООП  | Рыжовская М.И.   |       |      | ВКР   | 11   | 12     |
| Н.Рук.об  | Мордовинцев К.П. |       |      | Схема работы 1го сваебойного потока         |      |        |
| Консультант   | Мордовинцев К.П. |       |      | Департамент строительства                   |      |        |
| Студент   | Алисеико М.С.    |       |      |   |      |        |

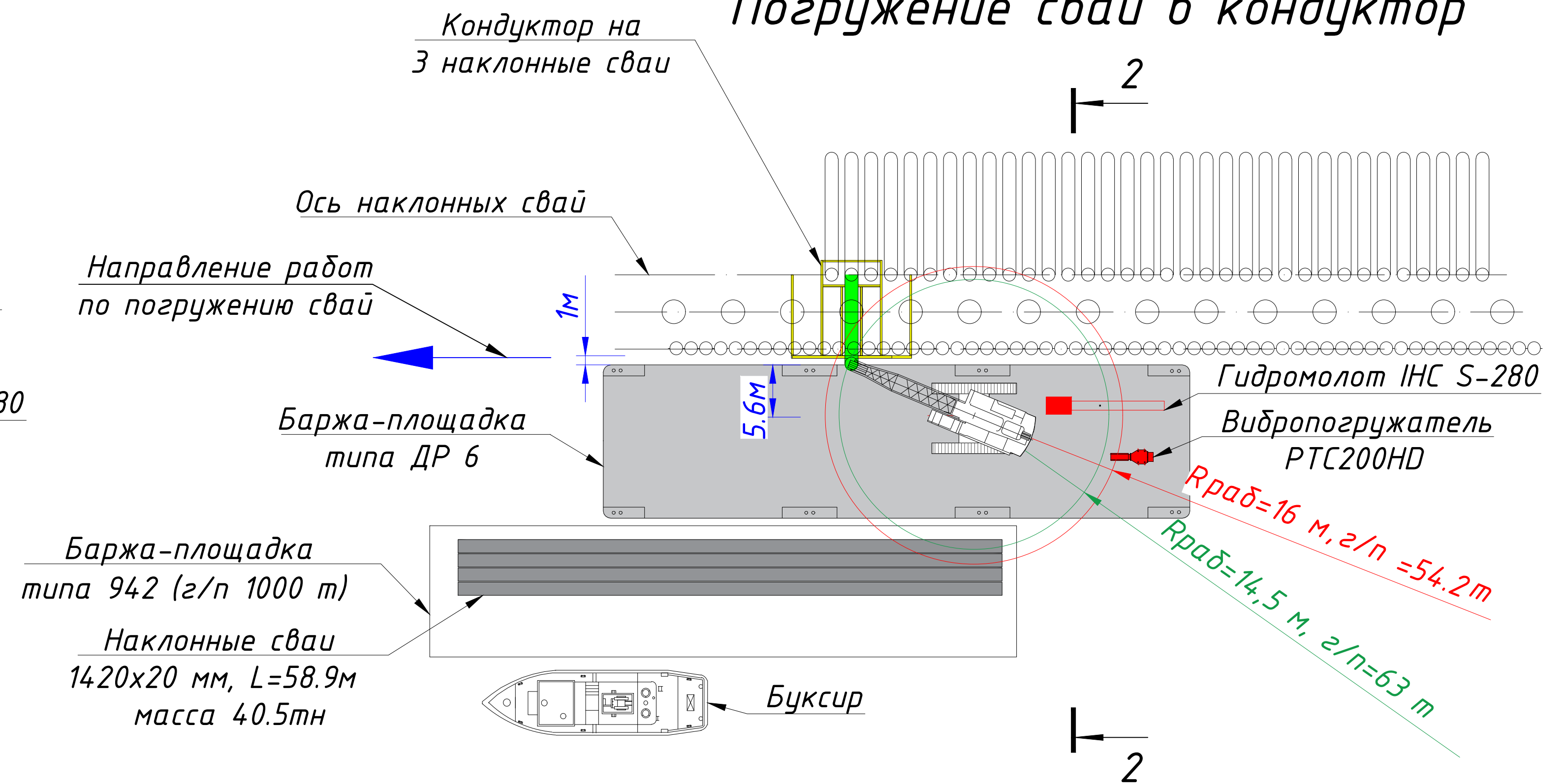


# Схема работы 2го сваебойного потока

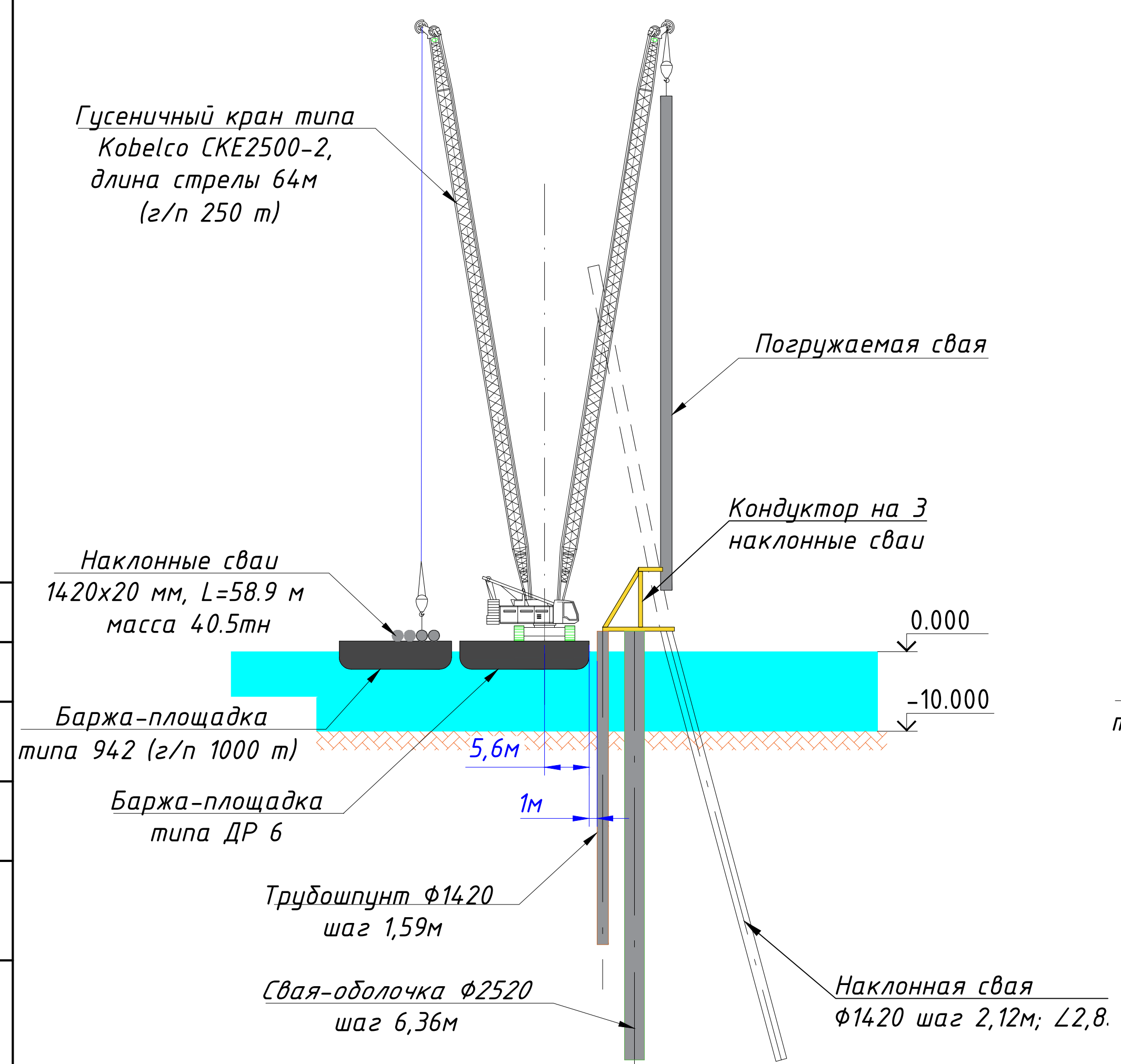
## Захват сваи



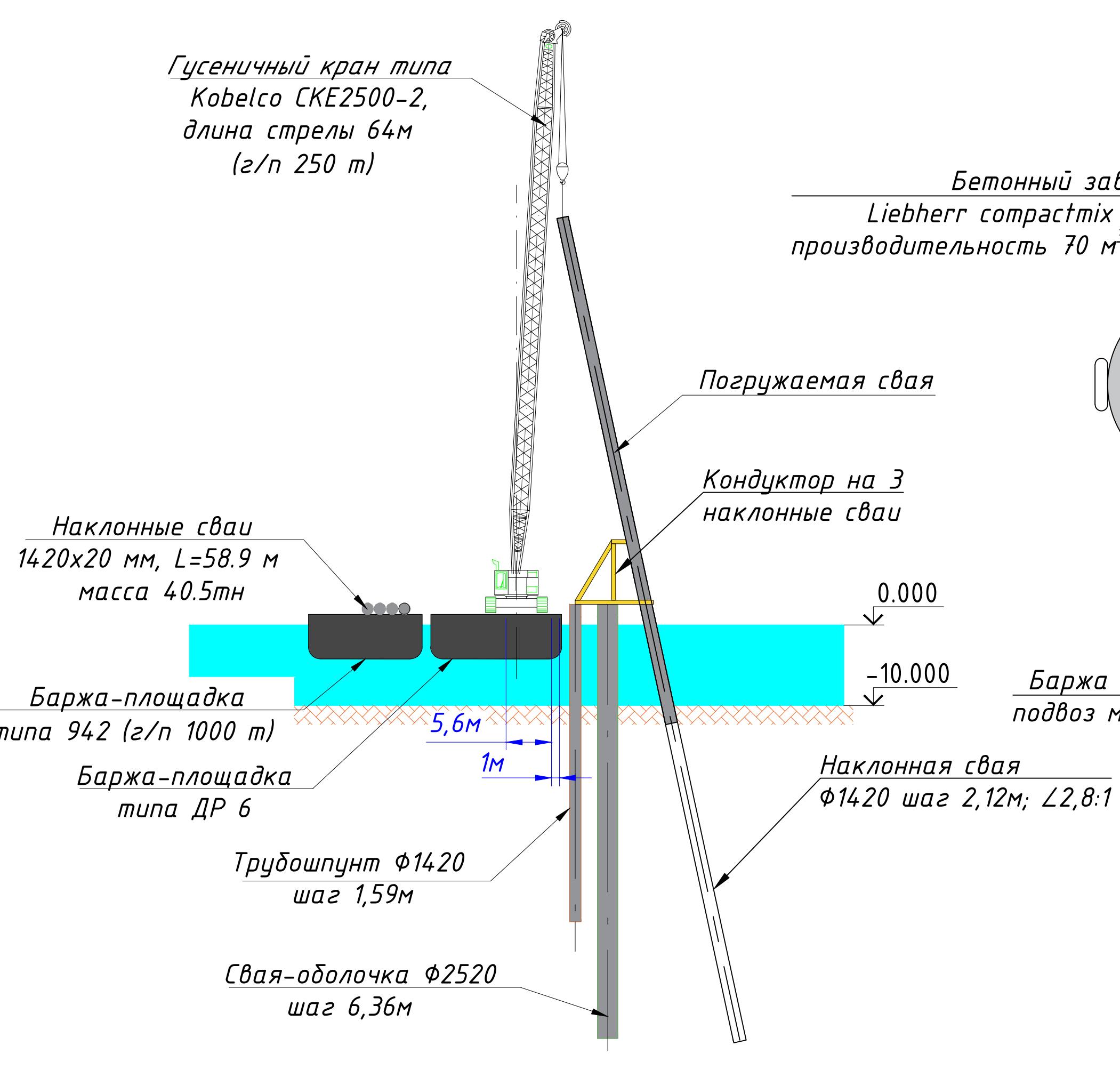
## Погружение сваи в кондуктор



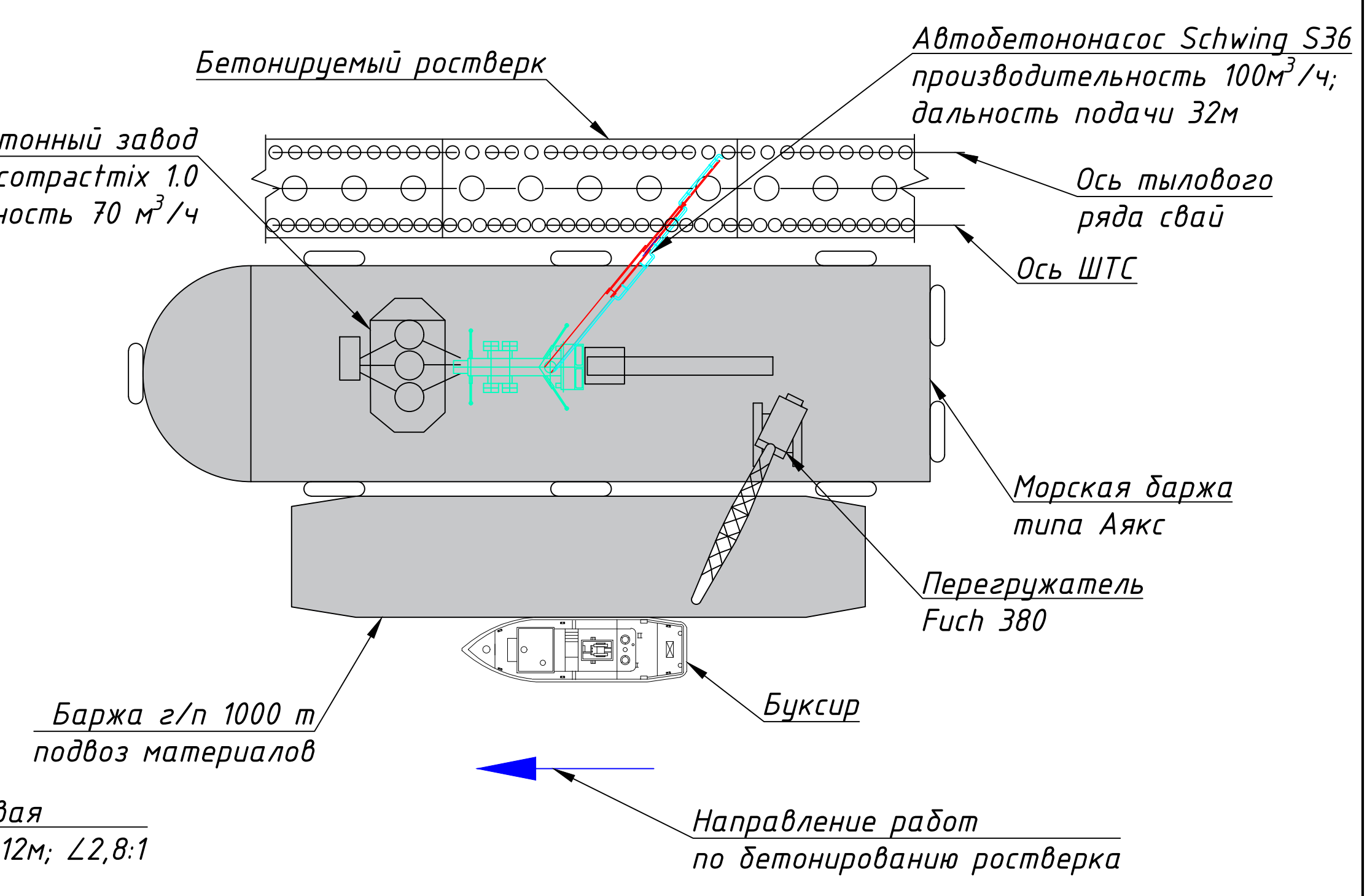
## 1-1



## 2-2



## Принципиальная схема бетонирования ростверка



Согласовано  
Подпись и дата  
Имя и подп.

|               |                   |       |      |   |          |      |        |
|---------------|-------------------|-------|------|---|----------|------|--------|
|               |                   |       |      | РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ<br>Инженерная академия<br>Направление "Строительство" |          |      |        |
|               |                   |       |      | Выпускная квалификационная работа бакалавра   |          |      |        |
| Должность     | Фамилия           | Подп. | Дата | Ледозащитное сооружение. Терминал "Утренний".   | Страницы | Лист | Листов |
| Дир. департа. | Рыжовская МИ      |       |      |   | ВКР      | 12   | 12     |
| Рук. ООП      | Рыжовская МИ      |       |      |   |          |      |        |
| Н.Рук.об      | Мордвинцев В.К.П. |       |      |   |          |      |        |
| Консультант   | Мордвинцев В.К.П. |       |      |   |          |      |        |
| Студент       | Алисейко М.С.     |       |      |   |          |      |        |
|               |                   |       |      | Схема работы 2го сваебойного потока. Схема бетонирования.                                   |          |      |        |
|               |                   |       |      | Департамент строительства   |          |      |        |

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ»  
ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ

**ОТЗЫВ**

руководителя на выпускную квалификационную работу

студента *Алисейко Максима Сергеевича*  
на тему: «*Ледозащитное сооружение. Терминал «Утренний»*»

Задачей выпускной квалификационной работы являлась разработка проектных решений по конструкции ледозащитных сооружений терминала «Утренний», расположенный в Обской губе, Ямало-Ненецкий округ.

Работа состоит из пояснительной записки объемом 105 листов и графической части на 12 л.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы Алисейко М.С. выполнил полный объем работ, связанный с разработкой проектных решений по конструкции ледозащитных сооружений и провел необходимые расчеты устойчивости и прочности элементов конструкции. Расчеты выполнены с использованием программы численного моделирования SCAD, что позволило существенно повысить качество работы. Также в работе разработана технология строительства данного сооружения, выполнен подбор необходимых механизмов и технологий.

При выполнении ВКР Алисейко М.С. показал высокий уровень знаний и навыков, освоил работу с численными методами, проявил прекрасное владение современными графическими программами.

Также Алисейко М.С. проявил активность и инициативность при выполнении ВКР.

Исходя из всего вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что выпускная квалификационная работа по своей структуре, содержанию и оформлению соответствует предъявляемым требованиям и может быть допущена к защите.

Руководитель ВКР:

  
(подпись)

*Кандидат технических наук*  
(ученая степень, ученое звание)

*Мордвинцев К.П.*

(ФИО руководителя ВКР)