

НАО «КАЗАХСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА И ИРРИГАЦИИ»

«Допущена к защите»
Руководителем ОП

[подпись]
/подпись/

Евдокимов М.
/Ф.И.О./

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему: Крытый стадион на 25 тысяч человек в г. Астана

Специальность/ОП:

6В07303-ПЗиС
/шифр и наименование/

Выполнил

[подпись]
/подпись/

Байрашев Е.С
/Ф.И.О./

Научный руководитель

[подпись]
/подпись/

Алимбаев Б. Б. Т. Н., профессор
/Ф.И.О./ ученая степень, ученое звание/

Тараз 20 26

**НАО «КАЗАХСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА И ИРРИГАЦИИ»**

ОП / Специальность 6В307303 - Проектирование зданий и сооружений

**ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта (работы)**

Студенту (ке) Босровскому Е.С. /Ф.И.О./

Тема проекта (работы) Крытый стадион на 25 тысяч человек
в г. Астана - Астана

утверждена приказом по вузу № _____ от « _____ » _____ 20__ г.

Срок сдачи законченного проекта (работы) « _____ » _____ 202__ г.

Исходные данные к проекту (работе) _____

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте (работе) вопросов или краткое содержание дипломного проекта (работы):

а) _____

б) _____

в) _____

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Рекомендуемая основная литература

Консультации по проекту (работе) с указанием относящихся к ним разделов проекта (работы)

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Арх. и стр. часть	Исмаилов К.О.	3.08.2021	Исмаилов
Т.И.С.	Сидорова И.В.	3.08.2021	Сидорова
Расчетно-конструктивная часть	Акимбаев Б.		Акимбаев

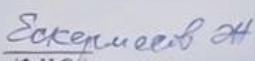
ГРАФИК
выполнения дипломного проекта (работы)

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
	Общая схема	02 - 09.05.26	
	Архитектурно-конструктивная часть	09 - 14.05.26	
	Расчетно-конструктивный расчет	14 - 20.05.26	
	Проект производства работ	20 - 24.05.26	
	Тех. карта на монтаж спец. стр.	24 - 29.05.26	
	Окрасоч. работы	29.05 - 05.06.26	
	Экономический расчет	05 - 10.06.26	

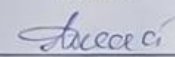
Дата выдачи задания « » 20 г.

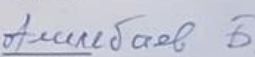
Руководитель ОП


/подпись/


/Ф.И.О./

Руководитель
проекта (работы)

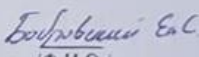

/подпись/


/Ф.И.О./

Задание принял к исполнению

Студент


/подпись/


/Ф.И.О./

Аннотация

Дипломный проект выполнен на тему: «Крытый стадион на 25 тысяч зрителей в городе Алма-Ата».

Основанием для разработки послужило задание на дипломное проектирование и материалы преддипломной практики.

В проекте обоснована актуальность строительства современной многофункциональной хоккейной арены в Бостандыкском районе города Алма-Ата, на месте расположения Центрального стадиона. Рассмотрены градостроительные возможности центральной части города, сейсмические и климатические условия выбранной площадки.

В архитектурно-строительной части разработан генеральный план участка площадью 24 га, объёмно-планировочное решение здания размером в осях 144×150 м, фасады, планы этажей и характерные разрезы. Особое внимание уделено увеличению этажности до шести уровней и организации трёхъярусной системы трибун.

В конструктивном разделе преимущественно ручными методами выполнены расчёты фундаментов, колонн, перекрытий и пространственного покрытия с учётом сейсмических воздействий 8–9 баллов.

Разработаны мероприятия по организации строительства, пожарной безопасности, эвакуации 25 000 зрителей, а также определена сметная стоимость объекта.

Содержание

1 Общая часть	8
1.1 Актуальность темы дипломного проекта	8
1.2 Сведения о районе и участке строительства	9
1.3 Климатическая характеристика района строительства	10
1.4 Краткая характеристика проектируемого объекта	11
2. Архитектурно-строительная часть	12
2.1. Обоснование решения генерального плана	12
2.2 Обоснование архитектурно-планировочного и объемного решения здания	13
2.3 Обоснование выбора конструктивных элементов	15
2.3.1 Обоснование конструктивной схемы здания	15
2.3.2 Фундаменты	16
2.3.3 Конструкция покрытия	18
2.3.4 Конструкция перекрытий	19
2.3.5 Лестницы	19
2.3.6 Конструкция кровли	20
2.3.7 Стены и перегородки	22
2.3.8 Окна и двери	23
2.3.9 Наружная отделка фасадов	24
2.3.10 Внутренняя отделка помещений	24
2.3.11 Полы	26
2.4 Теплотехнические решения здания	26
2.4.1 Теплотехническая защита здания	26
2.4.2 Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций	30
2.5 Обоснование архитектурного решения здания	31
2.6 Обоснование инженерного оборудования здания	32
2.6.1 Водопровод и канализация	33
2.6.2 Электроснабжение	34
2.6.3 Противодымная защита	35
2.6.4 Пожарная сигнализация	35
2.6.5 Отопление и вентиляция	36
2.6.6 Телефонная связь и слаботочные системы	37
2.7 Доступность для маломобильных групп	39
3 Расчетно-конструктивная часть	39
3.1 Расчет вантового покрытия	39

3.1.1 Определение расчетных нагрузок	40
3.1.2 Подбор сечения канатов	41
3.1.3. Повторный подбор сечений нитей с учётом уточнённого значения контактной нагрузки	42
3.1.4 Проверка прочности ванты с учетом упругих деформаций	43
3.1.5. Проверка жесткости системы при симметричной нагрузке	44
3.1.6 Проверка жесткости системы от несимметричной нагрузки	46
3.1.7 Определение длины заготовок для вант	48
3.2. Расчет металлической арки	48
3.2.1 Сбор нагрузок на арку	51
3.2.2 Статический расчёт внешней арки	55
3.2.3 Расчёт внешней арки	59
3.2.4. Расчет соединения поясов балки со стенками	60
3.2.5. Расчёт опорного узла внешней арки	61
3.3. Расчет средней, центрально загруженной металлической колонны	61
3.3.1. Расчетная схема. Расчетная длина	62
3.3.2. Подбор сечения колонны	63
3.3.3. Расчет оголовка колонны	64
3.3.4 Расчет базы колонны	65
4. Организация, технология, управление строительством	65
4.1. Проект производства работ	65
4.1.1. Основные положения по организации строительства	66
4.1.2. Определение директивного срока строительства	67
4.1.3 Подготовка строительного производства	68
4.1.4. Основные требования по выполнению геодезических построений и геодезического контроля точности СМР	69
4.1.5 Организационно-технологический анализ степени сложности объекта	69
4.1.6. Обоснование решений по организации строительства	73
4.1.7. Обоснование решений по производству работ	74
4.1.8. Определение объемов работ, трудоемкости и машиноемкости работ, потребности в материалах, конструкциях и полуфабрикатах	75
4.1.9. Обоснование календарного планирования	76
4.1.10. Обоснование к стройгенплану	78
4.1.11. Расчет элементов стройгенплана	87

4.1.12. Расчет технико-экономических показателей	88
4.2. Технологическая карта на монтаж внешних арок	88
4.2.1 Область применения	88
4.2.2. Подсчёт объёмов монтажных и вспомогательных работ	88
4.2.3. Организация и технология выполнения работ.	
Выбор и обоснование методов производства монтажных работ	88
4.2.4. Требования к качеству и приемке работ	90
4.2.5. Калькуляция затрат труда, машинного времени и заработной платы	92
4.2.6. Материально-технические ресурсы	93
4.2.7. Техничко-экономические показатели	94
5. Охрана труда и техника безопасности	94
5.1 Общие требования по обеспечению	
безопасных условий труда на строительной площадке	94
5.2 Мероприятия по обеспечению	
безопасности при выполнении основных видов работ	95
5.3 Безопасность труда при работе	
на высоте и при монтаже металлических конструкций	96
5.4 Пожарная безопасность, средства	
индивидуальной защиты и контроль за состоянием охраны труда	96
5.5 Безопасность при эксплуатации грузоподъёмных кранов и механизмов	97
5.6 Экологическая безопасность и	
охрана окружающей среды при производстве работ	98
6. Экономика строительства	99
6.1. Общие данные	99
6.2. Техничко-экономическая оценка и	
анализ эффективности проектных решений	100
6.3. Расчет договорной цены	100
Заключение	102
Список используемой литературы	103

1 Общая часть

1.1 Актуальность темы дипломного проекта

Развитие хоккея в Республике Казахстан в последние годы приобретает всё большую значимость. Успешное выступление клуба «Барыс» в Континентальной хоккейной лиге, участие национальной сборной в чемпионатах мира и растущий интерес населения к зимним видам спорта требуют создания современных высокотехнологичных арен, соответствующих международным стандартам.

В настоящее время в Алма-Аты отсутствует современная крытая хоккейная арена, которая могла бы вместить более 12–15 тысяч зрителей. Действующие спортивные сооружения, включая Центральный стадион и Almaty Arena, уже не полностью соответствуют современным требованиям к проведению матчей высокого уровня, тренировкам профессиональных команд и организации крупных культурно-спортивных событий. Это заметно сдерживает развитие хоккея в южной столице и ограничивает возможности города по приёму престижных международных турниров.

Строительство нового крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч мест в Бостандыкском районе, прямо на месте бывшего Центрального стадиона, позволит решить сразу несколько важных задач. Новый объект станет настоящим спортивным сердцем города, даст мощный толчок развитию хоккея во всём Казахстане, позволит проводить матчи континентального и мирового уровня, а также значительно повысит интерес детей и молодёжи к этому виду спорта. Кроме того, появление современной многофункциональной арены укрепит имидж Алма-Аты как динамичного спортивного и культурного центра Центральной Азии и создаст удобную площадку для проведения самых разных массовых мероприятий. создать современную арену с ледовым полем международных размеров (60×30 м с возможностью расширения до 70×108 м), оснащённую профессиональной системой заморозки льда и быстросменным покрытием.

Строительство крытого хоккейного стадиона может способствовать решению таких задач, как:

- обеспечить условия для проведения матчей КХЛ, международных турниров и тренировок детско-юношеских хоккейных школ;
- повысить доступность занятий хоккеем для жителей города и способствовать реализации государственной программы «Здоровая нация»;
- сформировать многофункциональный объект, пригодный для проведения не только хоккейных матчей, но и других спортивных соревнований, концертов и массовых мероприятий;

- улучшить градостроительную ситуацию центральной части Алма-Аты за счёт комплексного развития территории.

Особую актуальность проекту придаёт высокая сейсмичность района (8–9 баллов). Разработка надёжных сейсмостойких конструкций в таких условиях приобретает важное инженерное и социальное значение.

Таким образом, разработка проекта крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч мест рядом с Центральным стадионом в городе Алма-Ата является своевременной и социально значимой задачей, которая будет способствовать укреплению позиций казахстанского хоккея на международной арене и повышению качества спортивной инфраструктуры города.

1.2 Сведения о районе и участке строительства

Участок под строительство крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч зрителей расположен в Бостандыкском районе города Алма-Ата, непосредственно на территории существующего Центрального стадиона. В рамках дипломного проекта предусмотрена полная реконструкция данной территории с демонтажем существующих сооружений и размещением нового современного спортивного объекта.

Выбор данного места обусловлен высокой градостроительной ценностью центрального района Алма-Аты, хорошей транспортной доступностью и сложившейся спортивной инфраструктурой. Участок находится в окружении основных городских магистралей — проспекта Абая, улицы Сатпаева и улицы Байтурсынова, что обеспечивает удобный подъезд как личного, так и общественного транспорта.

Общая площадь земельного участка составляет 24,0 га. В ходе разработки генерального плана была проведена комплексная вертикальная планировка всей территории строительства. Проектные высотные отметки были тщательно согласованы с существующей застройкой и рельефом прилегающих улиц. Благодаря этому удалось создать надёжную систему отвода атмосферных и талых вод, полностью исключив возможность их застоя на площадке.

Сам участок характеризуется в целом спокойным рельефом с незначительным естественным уклоном в северо-западном направлении. Выполненные планировочные работы позволили оптимально вписать новое сооружение в окружающую городскую среду и обеспечить комфортные условия для дальнейшей эксплуатации стадиона.

Инженерно-геологические условия участка характерны для центральной части Алма-Аты. Основанием служат суглинки и супеси, подстилаемые более плотными галечниковыми отложениями. Грунтовые воды залегают на значительной глубине и не оказывают агрессивного воздействия на строительные конструкции. Территория

расположена в зоне сейсмической опасности 8–9 баллов, что явилось одним из определяющих факторов при выборе конструктивных решений здания.

В составе генерального плана предусмотрены:

- основное здание крытого хоккейного стадиона размером в осях 144×150 м;
- три открытые автостоянки на 1050 машиномест;
- зоны благоустройства, озеленения и отдыха населения;
- открытая площадка для проведения массовых мероприятий и сцена;
- детская площадка и малые архитектурные формы.

Размещение нового стадиона на месте Центрального стадиона позволит не только модернизировать спортивную инфраструктуру города, но и создать современный многофункциональный спортивно-рекреационный комплекс в самом центре Алма-Аты.

1.3 Климатическая характеристика района строительства

Климат Алма-Аты носит ярко выраженный резко континентальный характер, который дополнительно усиливается особенностями горно-долинной циркуляции воздуха. Согласно СП РК 2.04-01-2017 «Строительная климатология», территория Бостандыкского района, выбранная под строительство нового стадиона, относится к климатическому району III-B.

Климат Алма-Аты отличается очень большими сезонными колебаниями температуры. В самые холодные месяцы (январь) средняя температура воздуха держится в пределах от $-7,8$ °C до $-9,5$ °C, а абсолютный минимум может опускаться до -37 °C. В летний период, напротив, в наиболее тёплом месяце (июле) температура поднимается в среднем до $+23,5$ °C, а абсолютный максимум достигает $+41,5$ °C. При этом средняя многолетняя температура воздуха в городе составляет около $+9,8$ °C.

Годовое количество осадков в среднем равно 630–680 мм. Максимум осадков приходится на весенне-летний период. В зимнее время высота снежного покрова в среднем составляет 22–28 см, максимальная — до 45 см. По снеговой нагрузке территория относится ко II снеговому району.

“Ветровой режим отличается чётко выраженной сезонностью. В холодный период года преобладают ветры северного и северо-восточного направлений. В тёплое время года доминируют южные и юго-восточные ветры. Средняя скорость ветра составляет 1,2–1,8 м/с. Расчётная скорость ветра для проектирования (повторяемостью 1 раз в 10 лет) достигает 28–32 м/с. Территория относится к IV ветровому району.”[1]

Отопительный период в Алма-Аты длится довольно долго — в среднем от 160 до 165 суток в году. Такая продолжительность напрямую связана с особенностями местного климата, в частности с заметными сезонными колебаниями относительной влажности

воздуха. В зимние месяцы она обычно повышается до 70–75 %, создавая более сырой и холодный микроклимат, тогда как летом воздух становится значительно суше и влажность снижается до 35–45 %.

Климатические особенности района оказывают существенное влияние на принятые архитектурно-строительные и конструктивные решения. В районах с резко континентальным климатом особое внимание необходимо уделять защите зданий от снеговых нагрузок, ветрового воздействия и значительных суточных и сезонных перепадов температур.

В связи с этим в проекте предусмотрены:

- мощное пространственное покрытие большой пролётности, способное воспринимать повышенные снеговые и ветровые нагрузки;
- эффективная система поддержания микроклимата ледовой арены в условиях жаркого лета и холодной зимы;
- защита входных групп и фасадов от преобладающих северных ветров в холодный период;
- организация надёжной системы водоотвода и антиобледенения.

Все климатические параметры приняты в соответствии с требованиями СП РК 2.04-01-2017 и использованы при определении нагрузок на несущие конструкции здания.

1.4 Краткая характеристика проектируемого объекта

Проектируемый объект представляет собой современный многофункциональный крытый хоккейный стадион на 25 000 зрителей, возводимый на месте существующего Центрального стадиона в Бостандыкском районе города Алма-Ата.

Здание имеет овальную форму в плане с размерами в осях 144×150 м. Общая этажность составляет 6 уровней, включая цокольный технический этаж. Отметка пола цокольного технического этажа принята -3,300 м, а максимальная высота здания в коньке покрытия (верхняя точка вант) составляет +26,080 м.

Основные технико-экономические показатели объекта:

- Расчётная вместимость — 25 000 зрителей;
- Размеры в осях — 144×150 м;
- Количество этажей — 6;
- Отметка пола цокольного этажа — -3,300 м;
- Максимальная высота здания — +26,080 м;
- Общая площадь здания — 48 700 м²;
- Площадь ледовой арены с трибунами — 24 800 м²;
- Строительный объём — 625 000 м³.

Основные помещения стадиона разделены по функциональному назначению между этажами.

На первом этаже расположены входная группа и помещения общего пользования: вестибюль, гардероб, санузлы, буфеты и билетные кассы.

Принятое архитектурно-планировочное решение обеспечивает удобство и безопасность зрителей и спортсменов, рациональное зонирование потоков, а также возможность проведения не только хоккейных матчей, но и других спортивных и массовых мероприятий.

2. Архитектурно-строительная часть

2.1. Обоснование решения генерального плана

Генеральный план крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч зрителей разработан с полным соблюдением всех действующих нормативных документов Республики Казахстан. При его создании были комплексно учтены градостроительная ситуация в районе, особенности рельефа местности и инженерно-геологические условия участка. Большое внимание уделялось также рациональной организации транспортных и пешеходных потоков, а также соблюдению архитектурно-композиционных, санитарно-гигиенических, противопожарных и экологических требований.

Участок строительства площадью 24,0 га расположен в Бостандыкском районе города Алма-Ата, непосредственно на территории существующего Центрального стадиона. Такое размещение позволяет эффективно использовать сложившуюся транспортную и инженерную инфраструктуру центральной части города.

Участок строительства характеризуется относительно ровным рельефом с небольшим естественным уклоном в северо-западном направлении. При разработке генерального плана была выполнена тщательная вертикальная планировка территории. Это позволило обеспечить нормативный отвод атмосферных и талых вод, а также добиться оптимальной высотной привязки основного здания стадиона к окружающей застройке и существующим городским магистралям.

В генеральный план территории входят следующие основные элементы и зоны. Центральным объектом является само здание крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч зрителей. Кроме него на участке запроектированы многоуровневая автомобильная парковка на 350 машиномест, контрольно-пропускной пункт, большая открытая площадь для проведения культурно-массовых мероприятий со сценой, декоративный фонтан диаметром 21 метр, современная детская игровая площадка, а также специальная хозяйственная площадка для размещения мусорных контейнеров.

Общая площадь застройки составляет 38 000 м², что соответствует коэффициенту застройки 0,158. Значительную часть территории (около 62%) занимает благоустройство и озеленение, что позволяет создать комфортную рекреационную среду вокруг стадиона.

Подъезды к объекту организованы с прилегающих магистралей, а пешеходные подходы — от существующих остановок общественного транспорта. Предусмотрено разделение транспортных и пешеходных потоков. Противопожарные проезды выполнены в соответствии с нормативными требованиями и обеспечивают подъезд пожарной техники со всех сторон здания.

Благоустройство территории включает устройство тротуаров, проездов, зон отдыха, озеленение и малые архитектурные формы. Компенсационное озеленение предусмотрено в полном объёме в соответствии с действующими нормами.

Принятое решение генерального плана обеспечивает функциональное зонирование территории, удобство подходов и подъездов для большого количества зрителей, безопасность эвакуации, соблюдение санитарных и противопожарных требований, а также гармоничное вписывание нового спортивного комплекса в существующую городскую среду центральной части Алма-Аты.

Технико-экономические показатели генплана

Таблица 2.1

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значение
1	Площадь земельного участка	га	24,0
2	Площадь застройки	м ²	38 000
3	Процент застройки	%	15,8
4	Общая площадь благоустройства и озеленения	м ²	148 000
5	Коэффициент озеленения территории	%	61,7
6	Площадь твёрдых покрытий (проезды, тротуары, площадки)	м ²	54 000
7	Количество машиномест всего	машиномест	1 050
	в т.ч. для зрителей	машиномест	900
	в т.ч. для команд и обслуживающего персонала	машиномест	100
	в т.ч. для маломобильных групп населения	машиномест	50
8	Площадь открытых автостоянок	м ²	19 000
9	Площадь многоуровневой парковки (при необходимости)	м ²	—
10	Плотность одновременного пребывания людей	чел./га	1 042
11	Коэффициент использования территории	—	0,79
12	Площадь участка под компенсационное озеленение	м ²	18 500

2.2 Обоснование архитектурно-планировочного и объемного решения здания

Здание запроектировано с габаритными размерами в осях 144 × 150 м и имеет овальную форму в плане, наиболее рациональную для размещения ледовой арены и

зрительских мест. Общая этажность здания составляет 6 уровней, включая цокольный технический этаж. Отметка пола цокольного этажа принята -3,300 м, а максимальная высота в коньке покрытия (верх вант) — +26,080 м.

Основным планировочным приёмом является трёхъярусная система трибун. Уклон трибун принят ровно 30 градусов, что обеспечивает оптимальную видимость ледового поля с каждого зрительского места и соответствует лучшим мировым практикам проектирования спортивных арен.

Функциональное зонирование здания выполнено с чётким разделением потоков зрителей, спортсменов и обслуживающего персонала, что позволяет избежать их пересечения и повысить комфорт и безопасность пребывания на объекте.

Первый этаж (отметка 0,000) отдан под входную группу для зрителей. Здесь расположены главный вестибюль, гардероб, санузлы, буфеты и билетные кассы.

Второй, третий и четвёртый этажи полностью занимают зрительские трибуны и фойе.

На пятом и шестом этажах размещены технические помещения, а также предусмотрены выходы на верхний ярус трибун.

Объёмно-пространственное решение характеризуется динамичной формой покрытия, образованной системой арок и предварительно напряжённых вант. Такое конструктивное решение позволило перекрыть большое пространство без промежуточных опор над ледовой ареной и создать выразительный современный силуэт здания.

“Угол наклона зрительских трибун в спортивных сооружениях рекомендуется принимать в пределах 25–35 градусов для обеспечения наилучших условий видимости.”[3]

Принятое решение обеспечивает:

- высокое качество обзора ледовой арены со всех зрительских мест;
- удобную и безопасную эвакуацию 25 000 зрителей;
- рациональное зонирование и разделение потоков;
- современный архитектурный облик, достойный центральной части Алматы.

Таким образом, разработанное архитектурно-планировочное и объёмно-пространственное решение полностью соответствует поставленным задачам и современным требованиям к крупным спортивным сооружениям.

Таблица 2.2

№	Наименование показателя	Единица измерения	Значение
1	Вместимость стадиона (расчётная)	мест	25 000
2	Количество этажей	этаж	6
3	Высота здания (в коньке покрытия)	м	26,080
4	Размеры ледового поля (основное)	м	60 × 30
5	Размеры ледовой арены с бортами (максимальные)	м	70 × 108
6	Размеры здания в осях	м	144 × 150
7	Общая площадь здания	м ²	48 500
8	Полезная площадь (зрительские зоны + вспомогательные)	м ²	46 200
9	Площадь ледовой арены и трибун	м ²	24 800
10	Площадь технических и вспомогательных помещений	м ²	23 700
11	Строительный объём здания	м ³	620 000
12	Площадь застройки	м ²	38 000
13	Коэффициент К1 (отношение полезной площади к общей)	—	0,95
14	Коэффициент К2 (строительный объём / общая площадь)	—	12,78
15	Класс функциональной пожарной опасности	—	Ф3.6
16	Степень огнестойкости	—	II
17	Уровень ответственности	—	II (нормальный)

2.3 Обоснование выбора конструктивных элементов

2.3.1 Обоснование конструктивной схемы здания

В качестве основной принята каркасная конструктивная схема с полным металлическим несущим каркасом и пространственным покрытием. Такое решение позволяет перекрывать пролёты до 150 м и обеспечивает максимальную свободу планировки трибун и ледовой арены.

Несущий остов здания состоит из:

- вертикальных элементов — стальных колонн из прокатных и сварных двутавровых профилей;
- горизонтальных элементов — главных и второстепенных балок и ригелей;
- пространственного покрытия — системы арок и предварительно напряжённых вант, образующих жёсткую седловидную поверхность.

“Несущие конструкции зданий в сейсмических районах должны обеспечивать восприятие горизонтальных и вертикальных нагрузок, сохраняя при этом пространственную неизменяемость и достаточную жёсткость”[5].

Преимущества выбранной металлической каркасной схемы заключаются в следующем:

- возможность устройства больших пролётов без промежуточных опор внутри арены;
- существенное снижение веса здания, что особенно важно в условиях высокой сейсмичности;
- высокая заводская готовность конструкций и возможность монтажа в сжатые сроки;
- относительная лёгкость и ремонтпригодность несущих элементов;
- гибкость при возможной дальнейшей реконструкции или изменении функционального назначения зала.

Все конструктивные решения приняты в соответствии с требованиями СП РК EN 1993 «Проектирование стальных конструкций», СП РК 2.03-30-2017 «Строительство в сейсмических районах» и СП РК 3.02-118-2013 «Закрытые спортивные залы»[4], [5], [6].

Таким образом, выбранная конструктивная схема наиболее полно отвечает функциональному назначению объекта, условиям строительства в центра

2.3.2 Фундаменты

По результатам инженерно-геологических изысканий основанием фундаментов служат суглинки твёрдой и полутвёрдой консистенции с расчётным сопротивлением $R = 250\text{--}350$ кПа. Грунтовые воды залегают на глубине более 8–10 метров и не оказывают агрессивного воздействия на бетонные конструкции.

Исходя из результатов инженерно-геологических изысканий и с учётом значительных сосредоточенных нагрузок от металлического каркаса, а также высокой сейсмичности района, были приняты следующие конструктивные решения фундаментов.

Под колонны основного металлического каркаса запроектированы монолитные железобетонные столбчатые фундаменты стаканного типа с шириной подошвы 2400 мм.

Под несущие стены и конструкции нижнего яруса трибун предусмотрены монолитные железобетонные ленточные фундаменты шириной от 1500 до 1800 мм.

Под ледовую арену выполнена сплошная монолитная железобетонная плита толщиной 200 мм, усиленная локальными утолщениями в зонах повышенных нагрузок.

Глубина заложения фундаментов принята 5,100 м от планировочной отметки. Класс бетона фундаментов — В15, W6, F75. Под всеми фундаментами устроена щебёночная подготовка толщиной 200 мм и бетонная подготовка класса В7,5 толщиной 100 мм.

Принятое решение позволяет создать единый жёсткий диск основания, что особенно важно для восприятия сейсмических воздействий. Комбинированное использование

столбчатых и ленточных фундаментов даёт оптимальное сочетание экономичности и надёжности в данных грунтовых условиях.

Все конструктивные решения фундаментов разработаны в соответствии с требованиями СП РК 5.01-102-2013 «Основания зданий и сооружений» и СП РК 2.03-30-2017 «Строительство в сейсмических районах».[7], [5].

Технико-экономические показатели фундаментов на 100 м³ железобетона

Таблица 2.3

Тип фундамента	Затраты труда, чел.-час	Затраты машинного времени, маш.-час (всего)	В т.ч. транспортировка, маш.-час	Полная стоимость работ, тыс. тенге
Монолитные столбчатые	512,4	28,7	1,2	18 450
Сборные столбчатые	458,2	162,5	52,4	27 860
Монолитные ленточные	478,6	34,1	2,4	19 720
Сборные ленточные	198,7	81,3	19,8	14 380

Из анализа таблицы следует, что для устройства фундаментов под колонны наиболее целесообразно применять монолитные столбчатые фундаменты. При относительно небольшой разнице в трудозатратах они характеризуются значительно меньшими расходами на транспортировку конструкций и имеют самую низкую полную стоимость работ по сравнению со сборными вариантами.

Глубина заложения фундаментов была назначена на основании комплексного анализа конструктивных особенностей подземной части здания, величины и характера нагрузок, а также инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки.

Для монолитных столбчатых фундаментов под колонны основного металлического каркаса принята глубина 5,1 м, а для ленточных фундаментов под несущие стены и конструкции нижнего яруса трибун — 4,3 м. Такие отметки позволяют расположить подошвы фундаментов ниже уровня сезонного промерзания грунтов и существенно повышают общую устойчивость и надёжность всего сооружения в условиях высокой сейсмичности района.

Под все фундаменты устраивается подготовка основания в виде бетонной подушки толщиной 100 мм из бетона класса В7,5 и щебёночной подушки мощностью 200 мм с тщательным послойным уплотнением.

2.3.3 Конструкция покрытия

“Покрытие крытого хоккейного стадиона является одним из наиболее ответственных конструктивных элементов, так как должно перекрывать большое пространство без промежуточных опор, воспринимать значительные снеговые и ветровые нагрузки, а также обеспечивать необходимую жёсткость при сейсмических воздействиях.”[4], [5]

Конструкция покрытия выполнена в виде пространственной системы, состоящей из главных несущих арок и предварительно напряжённых вант. Арки запроектированы из сварных стальных коробчатых профилей переменного сечения. Ванты образуют седловидную поверхность, что позволяет эффективно воспринимать нагрузки и обеспечивать жёсткость покрытия при минимальном расходе материала.

Максимальная высота покрытия в коньке составляет +26,080 м. Такая форма и конструктивная схема позволили создать свободное пространство над ледовой ареной без колонн, обеспечив отличную видимость с трибун и необходимый воздушный объём для поддержания микроклимата арены.

В качестве ограждающей части покрытия применён стальной профилированный настил по прогонам с многослойным кровельным «пирогом», включающим пароизоляцию, эффективную теплоизоляцию и гидроизоляционную полимерную мембрану. Все металлические элементы покрытия защищены от коррозии методом горячего цинкования с последующим нанесением атмосферостойкого полимерного покрытия.

“Покрытия больших пролётов спортивных сооружений должны обладать высокой жёсткостью, минимальным собственным весом и способностью воспринимать сочетание постоянных, временных и особых нагрузок.”[6]

Принятая вантово-арочная система покрытия обладает следующими преимуществами:

- возможность перекрытия больших пролётов (более 140 м) без промежуточных опор;
- относительно небольшой собственный вес, что снижает нагрузку на фундаменты и каркас в сейсмических условиях;
- высокая пространственная жёсткость и малая чувствительность к неравномерным нагрузкам;
- технологичность монтажа и возможность выполнения работ в стеснённых условиях городской застройки.

2.3.4 Конструкция перекрытий

Перекрытия здания выполнены как жёсткие горизонтальные диски из монолитного железобетона класса В25 толщиной 200 мм. Они надёжно опираются на металлические балки каркаса и жёстко связаны с вертикальными диафрагмами жёсткости, образуя единую пространственную систему, которая существенно повышает общую устойчивость и жёсткость всего сооружения.

Перекрытия зрительских трибун имеют переменный уклон 30°, что позволило оптимально разместить места для зрителей с хорошей видимостью. Перекрытие непосредственно над ледовой ареной сделано усиленным — его толщина увеличена до 250 мм для восприятия дополнительных нагрузок от подвесного технологического и осветительного оборудования.

Перекрытие над цокольным техническим этажом дополнительно утеплено со стороны первого этажа плитами экструдированного пенополистирола, что помогает снизить теплопотери и поддерживать стабильный температурный режим в здании.

2.3.5 Лестницы

Лестничные марши выполнены по серии 1.050.9-4.93. Ширина маршей основных эвакуационных лестниц принята в пределах 1650–1800 мм с уклоном 1:2.

Такое конструктивное решение обеспечивает удобное перемещение между этажами в повседневной эксплуатации и позволяет быстро и организованно эвакуировать зрителей и персонал в случае возникновения пожара.

“Огнестойкость стальных косоуров и балок обеспечивается огнезащитным покрытием, предел огнестойкости — не менее 1 часа.”[2]

Лестница Л3, предназначенная для выхода спортсменов на ледовую арену, выполнена монолитной по металлическим балкам. Ширина марша — 1500 мм.

Спецификация лестничных маршей

Таблица 2.4

Позиция	Обозначение	Наименование	Количество, шт.
Л1	ЛК 33.17.2	Лестничная клетка двухмаршевая, ширина марша 1800 мм	32
Л2	ЛК 33.17.3	Лестничная клетка двухмаршевая, ширина марша 1650 мм	48
Л3	ЛМ 1,05.12.1	Лестничный марш монолитный для выхода спортсменов	4

2.3.6 Конструкция кровли

Кровля крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест представляет собой сложную многослойную систему, которая одновременно выполняет несущие, ограждающие и

гидроизоляционные функции. Она является частью единой пространственной вантовой конструкции покрытия и работает в тесной взаимосвязи с главными арками и предварительно напряжёнными вантами.

После предварительного натяжения вантовая система превращается в жёсткую пространственную конструкцию седловидной формы. Благодаря этому в качестве лёгкого ограждающего элемента кровли удалось применить современные материалы с минимальной массой, что особенно важно для снижения нагрузок на несущие арки и фундаменты в условиях высокой сейсмичности района.

Основанием кровли служит стальной оцинкованный профилированный настил с трапециевидной формой гофра марки Н60-782-1. Настил укладывается непосредственно по вантам и прогонам, образуя сплошную поверхность для последующих слоёв кровельного «пирога».

Кровельный пирог состоит из трёх основных функциональных слоёв. Первым укладывается пароизоляционный слой из плёнки «Renoflex», который препятствует проникновению водяных паров из внутренних помещений в утеплитель. Поверх пароизоляции устраивается теплоизоляционный слой из плит минеральной ваты «Paros AKL» и «Paros KKL». Толщина утеплителя подобрана по результатам теплотехнического расчёта и обеспечивает требуемые показатели энергоэффективности здания. Завершает конструкцию гидроизоляционный слой, выполненный из однослойной полимерной мембраны «Monoflex», обладающей высокой эластичностью и долговечностью.

Все примыкания кровли к вертикальным плоскостям (парапеты, вентиляционные шахты, световые фонари) выполняются плавно, с уклоном не более 45°.

Отведение атмосферных вод с кровли осуществляется через внутреннюю систему водостоков. На поверхности кровли установлены водоприёмные воронки с электрическим подогревом, которые предотвращают обледенение и закупорку в зимний период. По стоякам и отводным трубопроводам вода направляется в систему дождевой канализации.

Принятая конструкция кровли отличается малой массой, высокой технологичностью монтажа, отличными теплотехническими и гидроизоляционными характеристиками. Она полностью соответствует требованиям энергоэффективности, долговечности и пожарной безопасности, предъявляемым к крупным спортивным сооружениям в условиях резко континентального климата Алматы.

2.3.7 Стены и перегородки

Наружные стеновые ограждения здания выполнены из трёхслойных металлических сэндвич-панелей «Венталл» толщиной 120 мм. Такое конструктивное решение позволило

значительно улучшить технико-экономические и теплотехнические показатели ограждающих конструкций при минимальной нагрузке на каркас здания.

Сэндвич-панели, используемые в наружных стенах здания, обладают отличными теплоизоляционными характеристиками. Главную роль здесь играет сердечник из минеральной ваты повышенной плотности. Этот материал выделяется одной из самых низких теплопроводностей среди современных утеплителей, благодаря чему панели надёжно удерживают тепло внутри помещения в холодное время года и эффективно защищают от жары летом.

Наружные стены здания выполнены из современных трёхслойных сэндвич-панелей с сердечником из минеральной ваты повышенной плотности. Благодаря низкой теплопроводности этого материала панели обеспечивают отличную теплозащиту при сравнительно небольшой толщине конструкции.

Для достижения таких же теплотехнических показателей с помощью традиционных материалов потребовались бы стены гораздо большей толщины: из обычного глиняного кирпича — 1150 мм, из керамического пустотелого кирпича — 900 мм, из керамзитобетона — 560 мм, а из деревянного бруса — всего 230 мм.

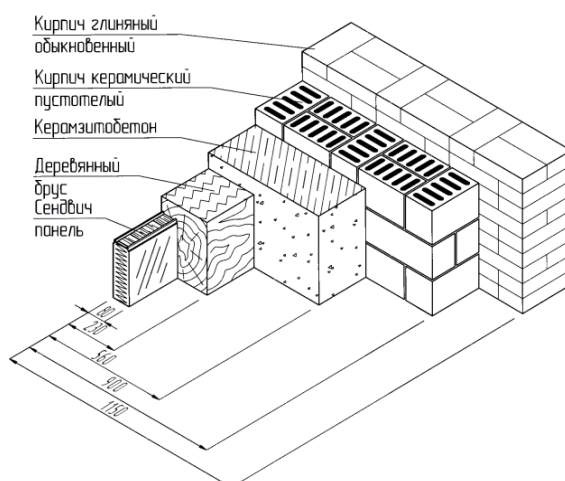
Особое внимание уделено гидроизоляции стен технического этажа. Горизонтальная и вертикальная гидроизоляция выполнена в два слоя гидроизола по ГОСТ 7415-86 на битумной мастике общей толщиной 4 мм. Снаружи стены утеплены плитами экструдированного пенополистирола ПСБС и дополнительно защищены профилированной дренажной мембраной «Tefond Drain Plus» с двойным механическим замком, гидроизоляционным швом и геотекстилем. Благодаря специальной структуре мембрана одновременно работает как дренаж и надёжно защищает конструкции от агрессивного воздействия грунтовых вод.

По периметру цоколя устроена отмостка шириной 1000 мм с асфальтобетонным покрытием, которая обеспечивает эффективный отвод дождевых и талых вод от фундаментов здания.

Внутренние перегородки выполнены в зависимости от функционального назначения помещений: каркасные гипсокартонные с минераловатным заполнением в зрительских зонах, влагостойкие пазогребневые и HPL-панели — в раздевалках и душевых.

Принятая конструкция стен и перегородок обеспечивает высокий уровень тепловой защиты, хорошую звукоизоляцию, пожарную безопасность и долговечность в условиях эксплуатации крупного спортивного сооружения.

Рисунок 2.1. Сравнение толщины ограждающих конструкций из различных материалов при одинаковых теплотехнических характеристиках



2.3.8 Окна и двери

Заполнение оконных и дверных проёмов выполнено с учётом функционального назначения помещений, требований к теплозащите, звукоизоляции, пожарной безопасности и интенсивной эксплуатации здания.

Входные группы главного и вспомогательных входов выполнены из современных тёплых алюминиевых профилей и оборудованы автоматическими дверями. Такое решение обеспечивает комфортный проход для большого количества зрителей и одновременно минимизирует теплопотери через входные зоны.

Для внутренних помещений здания применяются как глухие, так и частично остеклённые двери в зависимости от функционального назначения комнат.

Все двери, расположенные на путях эвакуации, открываются строго наружу по направлению движения людей. Это выполнено в строгом соответствии с требованиями нормативных документов по безопасной эвакуации при пожаре.

Все наружные двери оборудованы специальными приборами самозакрывания, которые обеспечивают плавное, принудительное и практически бесшумное закрывание створок. Кроме того, по всему периметру притворов установлены качественные уплотнители, препятствующие проникновению холодного воздуха и снижению теплопотерь.

Входные двери дополнительно оснащены «тёплым порогом». Такое решение позволяет существенно уменьшить теплопотери через нижнюю часть дверного проёма и поддерживать стабильный комфортный микроклимат в вестибюле даже в сильные морозы.

Окна и витражи выполнены из энергоэффективных алюминиевых профилей с терморазрывом и двухкамерными низкоэмиссионными стеклопакетами. Панорамное остекление фойе и зрительских зон обеспечивает естественное освещение и визуальную связь с окружающей территорией.

Применение современных алюминиевых конструкций вместо деревянных обосновано их высокой долговечностью, вандалоустойчивостью, лучшими теплотехническими характеристиками и соответствием требованиям пожарной безопасности крупного спортивного сооружения.

Спецификация элементов заполнения проемов

Таблица 2.5

Поз.	Обозначение	Наименование	Количество, шт.	Примечание (материал)
Двери				
Д1	ГОСТ 6629-88	Двери наружные входные	16	Алюминиевый профиль тёплый
Д2	ГОСТ 6629-88	Двери автоматические раздвижные	8	Алюминиевый профиль с терморазрывом
Д3	ГОСТ 6629-88	Двери противопожарные EI 60	30	Металлические
Д4	ГОСТ 6629-88	Двери внутренние глухие	38	Алюминиевый профиль
Д5	ГОСТ 6629-88	Двери внутренние остеклённые	8	Алюминиевый профиль

2.3.9 Наружная отделка фасадов

Для формирования современного и выразительного архитектурного облика крупного спортивного сооружения в отделке фасадов были использованы высококачественные современные материалы и передовые технологии.

Основные плоскости наружных стен выполнены из сэндвич-панелей «Венталл». Благодаря заводскому полимерному покрытию они не требуют никакой дополнительной отделки: поверхность панелей надёжно защищает конструкцию от атмосферных воздействий и одновременно выглядит аккуратно и эстетично.

Цокольная часть здания, а также отдельные акцентные участки стен облицованы декоративными блоками с выразительной фактурной поверхностью производства «Бессер». Такое сочетание материалов позволяет визуально выделить и подчеркнуть цоколь, придать сооружению ощущение монументальности и устойчивости, а также гармонично вписать новый стадион в архитектурную среду центральной части Алма-Аты.

2.3.10 Внутренняя отделка помещений

Внутренняя отделка помещений стадиона подобрана с учётом всего комплекса требований, предъявляемых к современному крупному спортивному сооружению — эстетических, санитарно-гигиенических, технологических и эксплуатационных.

В вестибюлях, фойе и зрительских зонах стены выполнены с улучшенной штукатуркой и окрашены высококачественными водоэмульсионными красками повышенной износостойкости. В наиболее значимых помещениях и холлах устроены подвесные акустические потолки из гипсовых литых плит, которые улучшают звуковой комфорт и создают современный внешний вид.

В санузлах, душевых и подсобных помещениях стены облицованы керамической плиткой на высоту 2,0 м, а выше них выполнена клеевая окраска.

В раздевалках хоккеистов, помещениях тренеров и медицинском блоке для отделки стен использованы влагостойкие HPL-панели или керамическая плитка на высоту 2,2 м. Такое решение позволяет легко проводить влажную уборку и поддерживать высокий уровень гигиены.

В остальных вспомогательных и технических помещениях стены оштукатурены и окрашены обычной водоэмульсионной краской.

Потолки в главных общественных зонах (вестибюли, фойе, холлы) выполнены подвесными из гипсовых литых плит с встроенными светильниками. В остальных помещениях потолки окрашены водоэмульсионной краской по штукатурке.

Принятая система внутренней отделки обеспечивает долговечность покрытий, удобство повседневной эксплуатации, хорошие акустические свойства и полное соответствие санитарно-гигиеническим нормам современного спортивного объекта.

2.3.11 Полы

Полы в помещениях с большим скоплением людей (вестибюли, фойе, зрительские зоны) выполнены из высококачественного керамического гранита ГРЕС производства ОАО «Керамин». Такой материал отличается повышенной износостойкостью и долговечностью, что особенно важно при интенсивной эксплуатации объекта.

В душевых, санузлах и различных подсобных помещениях полы облицованы керамической плиткой размером 300×300 мм с шероховатой противоскользящей поверхностью, обеспечивающей безопасность при движении по влажному покрытию.

В раздевалках хоккеистов и помещениях для тренеров полы также выполнены из керамогранитной плитки, но дополнительно оборудованы системой напольного подогрева, создающей комфортные условия даже в холодное время года.

Особое внимание уделено конструкции ледового поля. Ледовая арена выполнена по классической технологии искусственного льда. Основанием служит монолитная железобетонная плита со встроенной системой трубопроводов для циркуляции хладагента. Поверх плиты устроена многослойная конструкция, включающая теплоизоляцию, гидроизоляцию и финишный слой искусственного льда толщиной 40–50 мм.

Искусственный лёд полностью имитирует натуральный лед и обеспечивает высокие скоростные характеристики, необходимые для профессиональной игры в хоккей. Для поддержания ледового покрытия применяется современная система заморозки, позволяющая стабильно держать температуру льда на уровне минус 4...–6 °С.

Жёсткость и качество поверхности искусственного льда соответствуют требованиям Международной федерации хоккея (ИИХФ) и позволяют проводить матчи самого высокого уровня.

Сравнительный анализ искусственного и синтетического ледового покрытия

Таблица 2.6

Характеристики	Искусственный лёд	Синтетический лёд
Основание	Бетонное основание с каналами для охлаждающей жидкости	Бетонное основание
Холодильные установки	2 холодильные установки с периферийным оборудованием	Не требуются
Обслуживание	1–2 квалифицированных техника на полный рабочий день	1 уборщица на 2 часа в день
Уход за поверхностью	Ежедневный и квалифицированный	Минимальный
Технические остановки для обслуживания	Регулярные	1 раз в день
Специальное оборудование	Заливочная машина с водителем	Пылесос, шлифовальная машина, компрессор
Потребление воды	7600 литров в день	Не требуется
Подогрев воды	Регулярно и дорого	Не требуется
Эксплуатационные расходы	Высокие (энергоснабжение не менее 1000 кВт/ч в месяц)	Низкие (30 кг силикона в месяц)
Ожидаемый срок эксплуатации	10–15 лет	20–25 лет
Скольжение (по сравнению с натуральным льдом)	100 %	90 %
Коммерческое использование времени	50–60 %	100 %

2.4 Теплотехнические решения здания

2.4.1 Теплотехническая защита здания

“В связи с новыми требованиями по энергосбережению при проектировании применены мероприятия, повышающие эффективность ограждающих конструкций, а также более экономичные способы поддержания температурного режима здания”[8].

Для обеспечения энергоэффективности здания применяются сэндвич-панели толщиной 120 мм с эффективным минераловатным утеплителем, кровельный «пирог» с утеплителем толщиной 200–250 мм и энергоэффективные алюминиевые витражи с двухкамерными стеклопакетами. Для нормального температурного режима на всех входных группах предусмотрены двойные тамбуры с автоматическими дверями. Данное мероприятие является необходимым по климатическим условиям Алма-Аты и позволяет существенно снизить теплопотери через входные проёмы[1], [8].

2.4.2 Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций

Теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций выполнен согласно СН РК 2.04-07-2022 «Тепловая защита зданий» и СП РК 2.04-01-2017 «Строительная климатология».[8], [1]

Исходные данные для расчёта:

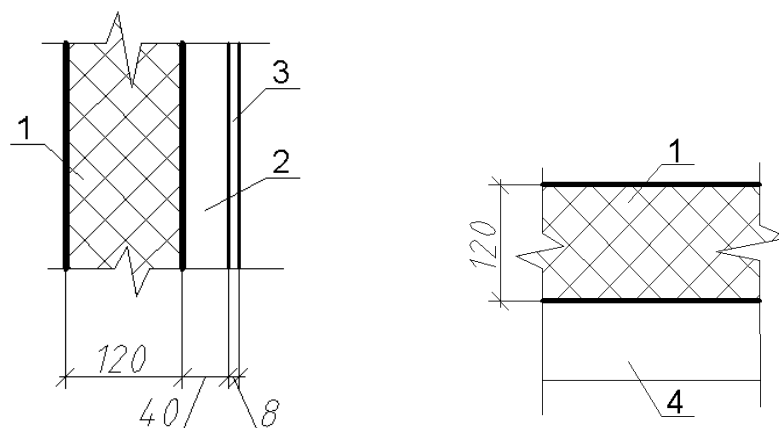
- Место строительства — город Алма-Ата (Бостандыкский район);
- Высота здания — 26,08 м;
- Вид ограждения — наружная стена.

Расчетные параметры среды

Таблица 2.7

Параметр	Внутренняя среда	Внешняя среда
$t_{в}, ^\circ\text{C}$	+18	-24
$\phi_{в}, \%$	55	61
$\alpha_{в}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	8,7	23
$\Delta t_{н}, ^\circ\text{C}$	4,0	—
$t_{н}^5, ^\circ\text{C}$	—	-24
$Z_{от.пер.}, \text{сут.}$	—	164
$t_{от.пер.}, ^\circ\text{C}$	—	-1,6

Рисунок 2.2. Конструктивная схема стены с применением сэндвич-панелей



“Теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций выполнен согласно СН РК 2.04-07-2022 «Тепловая защита зданий».» [8]

“Приведённое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_0 следует принимать не менее требуемых значений $R_0^{тр}$, определяемых исходя из условий энергосбережения, а также санитарно-гигиенических и комфортных условий.”[8]

Требуемое сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций, которое обеспечивает необходимые санитарно-гигиенические условия и комфортный микроклимат внутри помещений, определяется по следующей формуле:

$$R_o^{mp} = \frac{n \cdot (t_e - t_n)}{\Delta t_n \cdot \alpha_e}$$

“где:

- n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждения;
- t_B – расчётная температура внутреннего воздуха, °C;
- t_H – расчётная зимняя температура наружного воздуха, °C;
- Δt_H – нормативный перепад температуры между внутренним воздухом и внутренней поверхностью ограждения, °C;
- α_B – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, Вт/(м²·°C).”[8]

Для стен:

$$R_o^{тр} = \frac{1 \times (18 - (-24))}{4.5 \times 8.7} = 1.073 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$$

Для покрытия:

$$R_o^{тр} = \frac{1 \times (18 - (-24))}{4 \times 8.7} = 1.207 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Расчет исходя из условий энергосбережения:

Расчет (градусо-сутки отопительного периода):

$$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{от.пер.}) \times z_{от.пер.}$$

$$\text{ГСОП} = (18 - (-1.6)) \times 164 = 3214.4 \text{ } ^\circ\text{C} \times \text{сут}$$

Требуемое сопротивление по условиям энергосбережения:

По СН РК 2.04-07-2022[8] при ГСОП ≈ 3214 :

$$\text{для стен: } R_o^{тр} \approx 3,3 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

$$\text{для покрытия: } R_o^{тр} \approx 4,2 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Так как по условиям энергосбережения $R_o^{тр}$ выходит больше для стен, то далее расчет производится с учетом ГСОП.

Фактическое сопротивление теплопередачи конструкции:

$$R_o = 1/\alpha_{в} + R_k + 1/\alpha_{н}$$

Где $R_k = \sum (\frac{\delta_i}{\lambda_i})$ – сумма термических сопротивлений всех слоёв.

Необходимо рассчитать толщину утеплителя (минеральной ваты) для ограждающих конструкций.

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций определяется по формуле:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + R_{в.п.} + \frac{1}{\alpha_{н}}$$

“Где:

- $\alpha_{в} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности
- $\alpha_{н} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$ — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности
- $R_{в.п.} = 0,15 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ — термическое сопротивление воздушной прослойки”[8]

Подставляя значения, получаем требуемое сопротивление теплопередаче:

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{x}{0,038} + \frac{0,012}{0,056} + 0,15 + \frac{1}{23} = 3,3 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Отсюда толщина утеплителя:

$$x = 0,1055 \text{ м}$$

Принимаю близкое значение толщины утеплителя $\delta = 0,12 \text{ м}$.

Действительная величина сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций стен и покрытия при принятой толщине утеплителя:

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{0,038} + \frac{0,012}{0,056} + 0,15 + \frac{1}{23} = 3,68 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$$

Расчет для покрытия:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}$$

$$R_o = \frac{1}{8,7} + \frac{0,16}{2,04} + \frac{x}{0,067} + \frac{0,02}{0,58} + \frac{1}{23} = 1,207 \text{ м}^2 \times \text{°C/Вт}$$

Тогда $x = 0.06 \text{ м}$.

Инерционность равна:

$$D = R_1 \times S^1 + R_2 \times S^2 + R_3 \times S_3,$$

“где $R = \delta/\lambda$ — термическое сопротивление слоя, S — коэффициент теплоусвоения материала.”[8]

$$S_1 = 19,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{°C})$$

$$S_2 = 0,715 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{°C})$$

$$S_3 = 11,09 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{°C})$$

$$D = \frac{0,16}{2,04} \times 19,7 + \frac{0,060}{0,067} \times 0,715 + \frac{0,02}{0,58} \times 11,09 = 1,93$$

Полученная инерционность входит в доверительный интервал.

Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче

$$R_{\text{т.эк.}} = 0,5 \times R_{\text{т.тр.}} + \frac{5,4 \times 10^{-4} \times C_{\text{т.з.}} \times Z_{\text{от}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н.от.}})}{C_{\text{м}} \times \lambda \times R_{\text{т.тр.}}}$$

$$R_{\text{т.эк.}} = 0,5 \times 1,207 + \frac{5,4 \times 10^{-4} \times 3,34 \times 164 \times (18 + 1,6)}{72,6 \times 0,067 \times 1,207} = 1,69 \text{ м}^2 \times \frac{\text{°C}}{\text{Вт}}$$

Нормативное сопротивление теплопередаче:

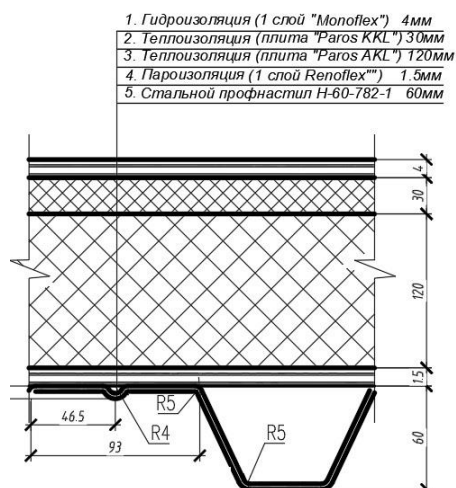
$$R_{\text{т.н.}} = 4,2 \text{ м}^2 \times \frac{\text{°C}}{\text{Вт}}$$

Выбираем наибольшее из трёх сопротивлений — нормативное.

Действительная толщина утеплителя равна:

$$R_{\text{т.н.}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{x}{0,037} + \frac{0,004}{0,58} + \frac{1}{23} = 4,2 \text{ м}^2 \times \frac{\text{°C}}{\text{Вт}}$$

Отсюда $x = 0,149 \text{ м}$, принимаем 150 мм.



№ слоя	Материал слоя	Толщи на слоя, м	Коэффициент теплопередачи $\lambda \frac{Вт}{м^{\circ}C}$
1	Теплоизоляция	0,15	0,037
2	Гидроизоляция	0,004	0,58

2.5 Обоснование архитектурного решения здания

Участок для строительства крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч зрителей расположен в центральной части города Алма-Ата, на территории бывшего Центрального стадиона в Бостандыкском районе. Такое размещение обусловлено выгодным градостроительным положением и возможностью создания современного спортивного кластера в сердце города.

Объёмно-пространственная форма проектируемого здания близка к овальной в плане с размерами в осях 144×150 м. Такая конфигурация обусловлена функциональным назначением объекта, необходимостью размещения ледовой арены и оптимальной организацией зрительских трибун.

При проектировании здания особое внимание было уделено чёткому функциональному зонированию. Группы помещений, входы и выходы организованы таким образом, чтобы полностью исключить пересечение потоков зрителей, спортсменов и обслуживающего персонала. Это решение значительно упрощает ориентацию внутри сооружения и заметно повышает общий комфорт пребывания.

Здание в плане имеет чёткую симметричную композицию, которая придаёт ему монументальность, визуальную устойчивость и одновременно лёгкость восприятия. Такая архитектурная форма выбрана не случайно: симметрия помогает организовать удобные подходы и входные группы, улучшает ориентацию посетителей и создаёт гармоничный, запоминающийся образ крупного общественного сооружения в центре Алматы.

Спортивное сооружение отличается ясностью и чистотой пропорций, выразительной пластикой фасадов и современным лаконичным обликом. Архитектурное решение фасадов полностью соответствует функциональному назначению стадиона как

динамичного, энергичного и высокотехнологичного объекта, способного стать новой архитектурной доминантой и визитной карточкой южной столицы.

Для формирования современного, запоминающегося и соответствующего духу времени образа в оформлении фасадов были использованы высококачественные материалы и передовые строительные технологии. Основные наружные ограждающие конструкции выполнены из сэндвич-панелей «Венталл» светло-серого оттенка. Полимерное покрытие тонколистовой оцинкованной стали обеспечивает превосходную коррозионную стойкость, высокую устойчивость к атмосферным воздействиям, ультрафиолетовому излучению и сохраняет стабильный эстетичный внешний вид на протяжении всего срока эксплуатации.

Благодаря профессиональному монтажу и строгому многоступенчатому контролю качества на всех этапах работ ограждающие конструкции имеют расчётный срок службы 30–40 лет. Одним из ключевых преимуществ трёхслойных сэндвич-панелей является их относительно небольшая масса по сравнению с традиционными материалами. Это существенно облегчает транспортировку, складирование и монтаж конструкций на объекте, позволяет заметно сократить общие сроки строительства и снизить нагрузку на несущий каркас и фундаменты, что особенно важно в условиях высокой сейсмичности Алматы.

Такое фасадное решение не только обеспечивает отличные технические и теплотехнические характеристики здания, но и формирует современный, лёгкий и в то же время монументальный архитектурный образ, который органично вписывается в окружающую городскую среду центральной части Алматы и подчёркивает статус стадиона как значимого общественного и спортивного объекта.

Цоколь здания облицован декоративными блоками с фактурной поверхностью производства «Бессер», что придаёт сооружению визуальную устойчивость и монументальность.

Благоустройство и озеленение прилегающей территории дополняют архитектурную выразительность здания, создавая комфортную рекреационную среду для жителей и гостей Алма-Аты.

Таким образом, внешний вид нового хоккейного стадиона имеет ярко выраженный современный и индивидуальный характер, что способствует формированию более привлекательного облика центральной части города и подчёркивает высокий статус Алма-Аты как спортивной столицы Казахстана.

2.6 Обоснование инженерного оборудования здания

Инженерное оборудование здания разработано с учётом функционального назначения крупного спортивного сооружения, необходимости поддержания комфортного

микроклимата в зрительских зонах и оптимальных условий для ледовой арены, а также требований энергоэффективности и надёжности эксплуатации.

В состав инженерного оборудования входят следующие системы:

- Отопление и вентиляция — приточно-вытяжная система с рекуперацией тепла, обеспечивающая нормативные параметры воздушной среды в зрительском зале, фойе и вспомогательных помещениях. Особое внимание уделено системе кондиционирования и осушения воздуха над ледовой ареной для поддержания требуемого температурно-влажностного режима.
- Холодоснабжение — централизованная система холодоснабжения для заморозки ледового поля и работы холодильных установок.
- Водоснабжение и канализация — системы холодного и горячего водоснабжения, хозяйственно-бытовой и производственной канализации, включая отдельную систему для технологических нужд ледовой арены.
- Электроснабжение — двухстороннее питание от независимых источников с устройством трансформаторных подстанций и резервного дизель-генератора.
- Слаботочные системы — сети телефонной связи, оповещения и сигнализации, система видеонаблюдения, пожарной сигнализации и автоматизации управления инженерными системами.

Все системы инженерного оборудования спроектированы в соответствии с требованиями комфорта внутренней среды, индустриальности монтажа, экономичности и надёжности эксплуатации. Особое внимание уделено энергоэффективности и возможности гибкого регулирования параметров в зависимости от проводимых мероприятий (хоккейный матч, концерт, тренировочный процесс).

Принятое инженерное решение обеспечивает стабильные условия для проведения мероприятий самого высокого уровня, комфорт пребывания 25 000 зрителей и спортсменов, а также минимизацию эксплуатационных затрат.

2.6.1 Водопровод и канализация

Системы водоснабжения и канализации являются одной из важнейших инженерных составляющих крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест. Они спроектированы таким образом, чтобы обеспечить бесперебойное функционирование всех зон здания — от зрительских трибун и вестибюлей до раздевалок спортсменов, технологического оборудования ледовой арены и административных помещений — в условиях высокой ежедневной нагрузки и резко континентального климата Алма-Аты.

Водоснабжение объекта осуществляется от централизованной городской сети водопровода Алма-Аты. Подключение внутренних систем выполняется через специально

запроектированный ввод, на котором установлен современный водомерный узел с приборами коммерческого учёта расхода воды. Калибр счётчика подобран с запасом, чтобы одновременно покрывать как хозяйственно-питьевые нужды, так и максимальный расход воды на нужды пожаротушения.

Внутренняя система водоснабжения здания принята хозяйственно-питьевой и объединена с противопожарным водопроводом. Это решение позволяет рационально использовать трубопроводы и снизить общие затраты на строительство. Для тушения пожара предусмотрены внутренние пожарные краны, установленные в пожарных шкафах у основных эвакуационных путей.

Отдельная, независимая система технологического водоснабжения предусмотрена для ледовой арены. Она предназначена для заливки и поддержания качества льда, а также для работы холодильного оборудования и систем осушения воздуха над ареной. Это позволяет точно контролировать параметры воды и обеспечивать стабильные условия для проведения тренировок и соревнований в любое время года.

Отвод атмосферных и талых вод с кровли здания организован через внутреннюю систему водостоков. Вода собирается в водоприёмные воронки, оснащённые электрическим подогревом, что исключает их замерзание в зимний период. По стоякам и отводным трубопроводам вода направляется в систему дождевой канализации. Размещение воронок выполнено с учётом рельефа кровли и расчётной площади водосбора каждой из них.

Все системы водоснабжения и канализации разработаны с учётом особенностей эксплуатации крупного спортивного сооружения в условиях Алма-Аты. Они обеспечивают высокую надёжность, экономичность и полное соответствие санитарно-гигиеническим и противопожарным нормам, создавая комфортные и безопасные условия для зрителей, спортсменов и обслуживающего персонала.

2.6.2 Электроснабжение

Электроснабжение крытого хоккейного стадиона осуществляется от городской распределительной сети города Алма-Ата.

Электроснабжение здания организовано от трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ. Питание всех потребителей осуществляется через вводно-распределительные устройства (ВРУ) и главные распределительные щиты.

Напряжение 0,4 кВ поступает в электрощитовые помещения, откуда электрические сети разводятся по всем помещениям стадиона. Для силовых и осветительных линий используются кабели с медными и алюминиевыми жилами, сечение которых подбирается в соответствии с расчётными нагрузками и конкретными условиями прокладки.

Особое внимание уделено электроснабжению следующих систем:

- освещения ледовой арены (высокая мощность и качество освещения);
- технологического оборудования системы заморозки льда;
- систем вентиляции и кондиционирования;
- систем пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией;
- аварийного и эвакуационного освещения.

Предусмотрено устройство резервного источника электроснабжения (дизель-генераторной установки), обеспечивающего питание наиболее ответственных потребителей при отключении основного источника.

2.6.3 Противодымная защита

Противодымная защита относится к числу наиболее ответственных инженерных систем крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест. В условиях большого скопления людей и сложной объёмно-планировочной структуры здания эффективная борьба с распространением дыма приобретает решающее значение для безопасной эвакуации зрителей, спортсменов и персонала в случае пожара.

Система противодымной защиты спроектирована как комплексное инженерное решение, включающее два основных взаимосвязанных направления: удаление дыма из задымлённых помещений и создание избыточного давления воздуха на путях эвакуации.

Основным элементом системы является дымоудаление из коридоров, фойе, зрительских зон и других помещений с массовым пребыванием людей.

Для предотвращения проникновения дыма в лестничные клетки и лифтовые шахты предусмотрена система подпор воздуха. Она создаёт устойчивое избыточное давление в этих вертикальных коммуникациях, надёжно блокируя распространение дыма и обеспечивая безопасные условия для эвакуации даже при длительном развитии пожара.

Работа всей системы противодымной защиты полностью автоматизирована и интегрирована с автоматической пожарной сигнализацией. При поступлении сигнала о возгорании происходит мгновенное включение необходимых вентиляторов, открытие дымовых клапанов и запуск системы подпор воздуха. Одновременно отключается общеобменная вентиляция в зоне пожара, что предотвращает распространение дыма по воздуховодам.

Особое внимание при проектировании уделялось надёжности и отказоустойчивости системы. Все основные вентиляторы и оборудование имеют резервное питание от дизель-генераторной установки, а важнейшие элементы дублированы. Это гарантирует работоспособность противодымной защиты даже при отключении основного электроснабжения здания.

Принятая система противодымной защиты позволяет существенно увеличить время, доступное для безопасной эвакуации большого количества людей, снизить риск отравления продуктами горения и создать условия для успешной работы пожарных подразделений. Она полностью соответствует современным требованиям безопасности и является важной составляющей общей системы обеспечения пожарной безопасности стадиона.

2.6.4 Пожарная сигнализация

Пожарная сигнализация является одной из ключевых систем обеспечения безопасности на крытом хоккейном стадионе на 25 000 мест. Учитывая большую единовременную вместимость объекта, сложную объёмно-планировочную структуру и наличие ледовой арены с большим количеством зрителей, система спроектирована с повышенным уровнем надёжности и быстродействия.

Обнаружение пожара осуществляется комплексно с помощью автоматических и ручных извещателей. В зрительских зонах, фойе, коридорах и вестибюлях установлены дымовые извещатели ИП 212-02 (АС-02), реагирующие на появление продуктов горения на ранней стадии. В технических помещениях, электрощитовых и местах с возможным скрытым горением применяются тепловые извещатели ИП 104-01. Для ручного включения сигнала тревоги по всему зданию размещены ручные пожарные извещатели ИПР-1.

Сети пожарной сигнализации выполнены проводом ЛТВ-П 2×0,6.

При поступлении сигнала о пожаре система автоматически выполняет ряд важных действий:

- включает систему оповещения и управления эвакуацией людей;
- передаёт сигнал на пульт централизованного наблюдения;
- отключает приточно-вытяжную вентиляцию в зоне возгорания;
- включает систему дымоудаления и подпор воздуха в лестничные клетки и лифтовые шахты.

Принятая система пожарной сигнализации обеспечивает раннее обнаружение очага возгорания, своевременное оповещение большого количества людей и автоматическое управление инженерными системами здания в случае чрезвычайной ситуации. Благодаря продуманной структуре и использованию современного оборудования достигается высокий уровень пожарной безопасности объекта, что особенно важно для спортивного сооружения с массовым пребыванием зрителей.

2.6.5 Отопление и вентиляция

Система отопления и вентиляции крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест спроектирована как одна из ключевых инженерных систем, отвечающих за создание комфортного микроклимата для большого количества зрителей, спортсменов и

обслуживающего персонала в течение всего года. Учитывая резко континентальный климат Алма-Аты с холодными зимами и жарким летом, а также наличие ледовой арены, которая требует особых температурно-влажностных условий, система выполнена с высоким уровнем автоматизации и энергоэффективности.

В качестве внешнего источника тепла используется городская тепловая сеть Алма-Аты. Теплоносителем служит горячая вода.

На техническом этаже размещён индивидуальный тепловой пункт (ИТП), оснащённый современными приборами учёта тепловой энергии, автоматическими регуляторами и запорной арматурой. Все трубопроводы, фланцевые соединения, компенсаторы и опоры надёжно теплоизолированы, что существенно снижает тепловые потери и повышает общую энергоэффективность объекта.

Для поддержания нормативных параметров микроклимата в зрительских зонах, вестибюлях, фойе, раздевалках и административных помещениях предусмотрена комплексная система приточно-вытяжной механической вентиляции. Особое внимание уделено ледовой арене. Здесь организована отдельная высокопроизводительная система кондиционирования и осушения воздуха, которая поддерживает оптимальную температуру и влажность над ледовым полем. Это необходимо для сохранения качества льда, предотвращения образования конденсата и обеспечения комфортных условий как для зрителей на трибунах, так и для спортсменов во время тренировок и соревнований.

Воздуховоды систем приточно-вытяжной вентиляции выполнены из оцинкованной тонколистовой стали и в основном прокладываются скрыто — в подвесном потолке коридоров и фойе, что позволяет сохранить современный эстетичный вид помещений.

Принятая система отопления, вентиляции и кондиционирования полностью обеспечивает нормативные параметры микроклимата во всех функциональных зонах стадиона. Она учитывает специфику эксплуатации ледовой арены, высокую посещаемость объекта и особенности местного климата, гарантируя комфортные условия для зрителей и спортсменов, а также эффективную и экономичную работу всего инженерного комплекса в течение всего года.

2.6.6 Телефонная связь и слаботочные системы

В административных помещениях, комнате охраны, медпункте и других ключевых зонах предусматривается установка современных цифровых телефонных аппаратов. Для обеспечения оперативной связи во время проведения хоккейных матчей и массовых мероприятий предусмотрена возможность подключения дополнительных временных линий.

Для защиты здания от несанкционированного проникновения по всему периметру и в наиболее уязвимых местах установлена система охранной сигнализации. Датчики размещаются на оконных стёклах, входных дверях, а также в других критически важных зонах сооружения.

Вся система охранной сигнализации полностью интегрирована с общей системой безопасности объекта. При любом срабатывании датчика тревожный сигнал в режиме реального времени мгновенно передаётся на пульт централизованного наблюдения, что позволяет оперативно реагировать на возможные инциденты.

Все слаботочные системы стадиона, включая телефонную связь, охранную сигнализацию, систему оповещения и видеонаблюдение, разработаны в полном соответствии с действующими нормативными требованиями Республики Казахстан.

Принятые проектные решения обеспечивают стабильную, надёжную и бесперебойную работу всех этих систем даже при высокой интенсивности ежедневной эксплуатации крупного multifunctional спортивного сооружения.

2.7 Доступность для маломобильных групп

Одним из важнейших принципов современного архитектурного проектирования общественных зданий является создание безбарьерной среды, обеспечивающей равные возможности доступа и комфортного пребывания для всех категорий посетителей, включая маломобильные группы населения (МГН). Для крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест в Алматы этот вопрос приобретает особую значимость, поскольку объект предназначен для массового посещения, в том числе людьми с ограниченными возможностями здоровья, пожилыми гражданами, родителями с детскими колясками и другими категориями посетителей.

При разработке проекта была поставлена задача не просто формально выполнить нормативные требования, а создать действительно удобную и инклюзивную среду, позволяющую людям с разными физическими возможностями самостоятельно и комфортно пользоваться всеми функциями стадиона — от входа на территорию до зрительских мест и санитарно-гигиенических помещений.

В здании предусмотрены следующие основные решения по обеспечению доступности:

- Главный вход и все вспомогательные входы оборудованы пандусами с уклоном не более 1:20 и шириной не менее 1,5 м, с двойными поручнями на разной высоте и тактильной плиткой для слабовидящих посетителей.

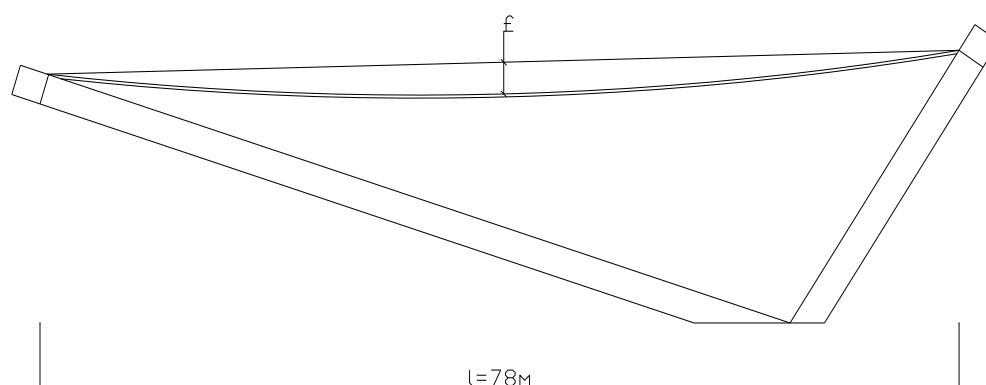
- Все входные группы оснащены автоматическими раздвижными дверями достаточной ширины, а также кнопками вызова помощи для маломобильных граждан.
- В здании установлены современные пассажирские лифты повышенной вместимости (включая специальные лифты для инвалидных колясок) с речевыми оповещателями и тактильными обозначениями этажей.
- На трибунах выделены специальные зоны для зрителей на инвалидных колясках с удобным подъездом и местами для сопровождающих лиц. Эти зоны расположены на разных уровнях, что обеспечивает равные условия видимости спортивного события.
- Санитарно-гигиенические помещения (санузлы) оборудованы специальными кабинами для инвалидов с увеличенной площадью, поручнями, тревожными кнопками и зеркалами на доступной высоте.
- По всему зданию и прилегающей территории выполнена контрастная маркировка, тактильные указатели и пиктограммы, дублирующие визуальную информацию для людей с нарушением зрения.
- Все пути движения внутри здания (коридоры, фойе, проходы между рядами) имеют ширину, достаточную для беспрепятственного передвижения инвалидных колясок и людей с детскими колясками.

Таким образом, принятые проектные решения по обеспечению доступности позволяют сделать стадион по-настоящему инклюзивным объектом, соответствующим самым высоким современным стандартам универсального дизайна. Это не только выполняет требования нормативных документов, но и подчёркивает социальную ответственность проекта, делая крупное спортивное сооружение открытым и комфортным для всех жителей и гостей Алматы независимо от их физических возможностей.

3 Расчетно-конструктивная часть

3.1 Расчет вантового покрытия

Рисунок 3.1. Конструктивная схема покрытия



3.1.1 Определение расчетных нагрузок

Нагрузка на 1 м² покрытия

Таблица 3.1

Состав покрытия	Нормативная нагрузка, кН/м ²	Коэффициент надёжности по нагрузке	Расчётная нагрузка, кН/м ²
Постоянная нагрузка			
Гидроизоляция (однослойный ковёр Monoflex 4PY G/F)	0.06	1.3	0.08
Теплоизоляция (плиты PAROC KKL $\delta = 30$ мм, $\delta = 230$ кг/м ³ + AKL $\delta = 120$ мм, $\delta = 110$ кг/м ³)	0.2	1.2	0.24
Пароизоляция (однослойный ковёр Renoflex)	0.014	1.3	0.019
Стальной профилированный настил Н60-782-1	0.133	1.05	0.146
Стальные канаты	0.1	1.05	0.11
Итого	0.507	—	0.595
Временная нагрузка			
Снеговая нагрузка для III снегового района	1.8	1.6	2.88
Итого	2.307	—	3.475

“Расчётная постоянная нагрузка составляет 0,595 кН/м². Линейная постоянная нагрузка на нити $g = 0,595 \times 2 = 1,19$ кН/м.”[13]

“Снеговая нагрузка для III снегового района $s = 1,8$ кН/м².”[1] “Коэффициент надёжности по нагрузке при отношении нормативной нагрузки от собственного веса покрытия к нормативной снеговой нагрузке $0,595 / 1,8 = 0,331 < 0,8$ принят $\gamma_f = 1,6$.”[13]

Расчётная снеговая нагрузка $s = 1,8 \times 1,6 = 2,88 \text{ кН/м}^2$, линейная снеговая нагрузка $s = 2,88 \times 2 = 5,76 \text{ кН/м}$.

“Стрелки провеса в первом приближении: несущей нити $f_n = (1/20) \ell_n = 3,9 \text{ м}$; стабилизирующей $f_s = (1/13) \ell_s = 16,77 \text{ м}$. В первом приближении коэффициент пропорционального распределения нагрузки между поясами $\alpha = 0,25$.”[13]

“Падение контактной нагрузки при полном загрузении покрытия постоянной и снеговой нагрузками:”[13]

$$q = (g + s) \frac{\alpha f_s}{f_n \left(\frac{\ell_s^2}{\ell_n^2} \right) + \alpha f_s} \times \frac{a_s}{a_n}$$

$$= (1,19 + 5,76) \times \frac{0,25 \times 16,77}{3,9 \left(\frac{218^2}{78^2} \right) + 0,25 \times 16,77} \times \frac{0,25 \times 16,77}{3} = 1,089 \text{ кН/м}$$

“Остаточная контактная нагрузка при полном загрузении покрытия $\Delta q = 0,3 \times q = 0,3 \times 1,089 = 0,327 \text{ кН/м}^2$, тогда начальная контактная нагрузка будет равна $q_0 = q + \Delta q = 1,089 + 0,327 = 1,416 \text{ кН/м}^2$.”[13]

3.1.2 Подбор сечения канатов

Распор в несущих и стабилизирующих нитях:[13]

$$H_n = \frac{(g + s + \Delta q) \ell^2}{8 f_n} = \frac{(1,19 + 5,76 + 0,327) \times 78^2}{8 \times 3,9} = 1419,02 \text{ кН}$$

Требуемая площадь сечения спирального каната ЛК-Р при нормативном сопротивлении проволок $R_u = 137,2 \text{ кН/см}^2$: [13]

$$A_n = 1,6 \times \frac{H_n}{k_p R_{un}} = 1,6 \times \frac{1419,02}{0,81 \times 137,2} = 20,43 \text{ см}^2 = 2043 \text{ мм}^2$$

Принимаю канат диаметром 65 мм с $A_n = 2237 \text{ мм}^2$ и $E = 1,6 \times 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$.

Площадь стабилизирующей нити:

$$H_s = \frac{q_0 \ell^2}{8 f_s} = 1,416 \times \frac{200^2}{8 \times 16,77} = 422,18 \text{ кН}$$

Тогда требуемая площадь сечения спирального каната ЛК-Р при $R_u = 137,2 \text{ кН/см}^2$:

$$A_s = 1,6 \times \frac{H_s}{k_p R_{un}} = 1,6 \times \frac{422,18}{0,81 \times 137,2} = 6,09 \text{ см}^2 = 609 \text{ мм}^2$$

Принимаю канат диаметром 36 мм с $A_s = 615 \text{ мм}^2$ и $E = 1,6 \times 10^5 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$.

Отношение длин нитей к пролету:

$$m_n = 1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f_n}{\ell_n} \right)^2 = 1 + \frac{8}{3} \times \left(\frac{3,9}{78} \right)^2 = 1,0067 ; \quad m_s = 1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f_s}{\ell_s} \right)^2 = 1 + \frac{8}{3} \times \left(\frac{16,77}{218} \right)^2 = 1,016$$

Коэффициент α :

$$\alpha = \frac{m_n^2 E_s A_s f_s \ell_n^2}{m_s^2 E_n A_n f_n (\ell_s^2)} = \frac{1,0067^2 \times 615 \times 16,77 \times 78^2}{1,016^2 \times 2237 \times 3,9 \times 218^2} = 0,148$$

Уточнение значения контактных нагрузок при $\alpha = 0,148$:

$$\begin{aligned} q &= (g + s) \frac{\alpha f_s}{f_n \left(\frac{\ell_s^2}{\ell_n^2} \right) + \alpha f_s} \times \frac{a_s}{a_n} \\ &= (1,19 + 5,76) \times \frac{0,148 \times 16,77}{3,9 \left(\frac{218^2}{78^2} \right) + 0,148 \times 16,77} \times \frac{0,148 \times 16,77}{3} \\ &= 0,432 \text{ кН/м} \end{aligned}$$

$$\Delta q = 0,3 \times q = 0,3 \times 0,432 = 0,13 \text{ кН/м}; \quad q_0 = q + \Delta q = 0,432 + 0,13 = 1,542 \text{ кН/м}.$$

3.1.3. Повторный подбор сечений нитей с учётом уточнённого значения контактной нагрузки

Балочная опорная реакция:

$$V_n = (g + s + \Delta q) \ell / 2$$

Наибольшее усилие в ванте:

$$T_n = \sqrt{H_n^2 + V_n^2}$$

Тогда несущая нить:

$$\begin{aligned} H_n &= \frac{(g + s + \Delta q) \ell^2}{8 f_n} = \frac{(1,19 + 5,76 + 0,13) 78^2}{8 \times 3,9} = 1380,6 \text{ кН} \\ V_n &= \frac{(g + s + \Delta q) \ell}{2} = \frac{(1,19 + 5,76 + 0,13) 78}{2} = 276,12 \text{ кН} \\ T_n &= \sqrt{H_n^2 + V_n^2} = \sqrt{1380,6^2 + 276,12^2} = 1408 \text{ кН} \\ T_n &= \frac{T}{0,6} = \frac{1408}{0,6} = 2346,67 \text{ кН} \end{aligned}$$

Подбираю канат диаметром 62 мм с площадью сечения – $A_n = 1825 \text{ мм}^2$. Модуль упругости $E = 1,6 \cdot 10^5 \text{ Н/см}^2$, $T_{\text{rupt}} = 2500 \text{ кН}$, $R_{\text{un}} = 137,2 \text{ кН/см}^2$.

Тогда расчетное разрывное усилие каната:

$$T_{\text{calc},r} = 0,6 \times T_{\text{rupt}} = 0,6 \times 2500 = 1500 \text{ кН}$$

Определение максимально возможной нагрузки:

$$N = \sqrt{H^2 + V^2} = \sqrt{\left(\frac{q \ell^2}{8f} \right)^2 + \left(\frac{q \ell}{2} \right)^2}$$

$$q_{max} = \frac{N}{\sqrt{\left(\frac{l^2}{8f}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}} = \frac{1500}{\sqrt{\left(\frac{78^2}{8 \times 3,9}\right)^2 + \left(\frac{78}{2}\right)^2}} = 7,54 \text{ кН/м}$$

При определении контактной нагрузки q упругие деформации вант не учитывались. Это приводит к некоторому завышению значения распора, однако такое приближение идёт в запас прочности конструкции.

Погрешность данного метода составляет от 2,2 до 7,7 % при принятых стрелах провеса $f = \frac{1}{20} \times l$ — для несущей нити и $f = \frac{1}{13} \times l$ — для стабилизирующей нити. “В этом случае расчётную нагрузку можно определить по формуле $q_{calc} = q \times k$, где k — поправочный коэффициент, учитывающий упругие деформации.”[15]

$$q_{calc} = 7,54 \times 1,07 = 8,07 \text{ кН/м}$$

Тогда постоянная расчетная нагрузка:

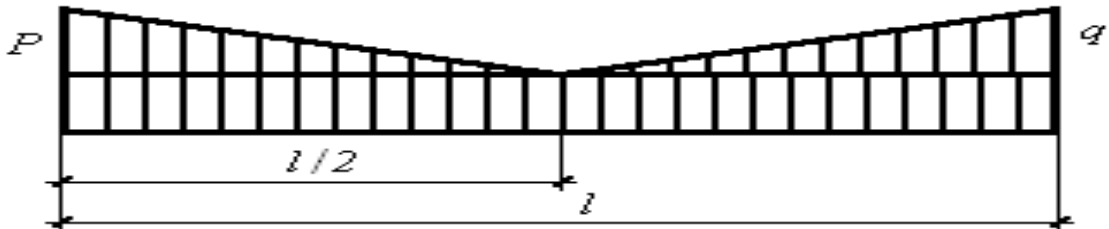
$$g = q_{calc} - s = 8,07 - 5,76 = 2,31 \text{ кН/м}$$

3.1.4 Проверка прочности ванты с учетом упругих деформаций

Определение распора с учетом веса элементов крепления:

$$H_0 = \frac{g_0 l^2}{8f_0}$$

Рисунок 3.2 Неравномерное распределение нагрузки на нить с учетом осадки снега



Для принятой схемы загрузки гибкой нити:

$$D_0 = g^2 \times \frac{l^3}{12} + g \times p \times \frac{l^3}{16} + p^2 \times \frac{l^3}{80}$$

$$D = g_{calc}^2 \times \frac{l^3}{12} + g_{calc}^2 \times p \times \frac{l^3}{16} + p^2 \times \frac{l^3}{80}$$

Для точного определения распора можно воспользоваться кубическим уравнением:

$$H^3 + \left(\frac{EAD_0}{2lH_0^2} - H_0 \right) H^2 = \frac{EAD}{2l}$$

$$N = \sqrt{H^2 + V^2} < T_{calc,r}$$

“Где:

- l - длины нитей

- H - распор в нитях
- A - площадь поперечного сечения нитей
- D – параметр от постоянных и временных нагрузок”[15]

Расчетная нагрузка от каната с учетом веса элементов крепления 0,15 кН/м

Распор в несущей нити:

$$H_{0n} = 0,15 \times \frac{78^2}{3,9} = 234 \text{ кН}$$

$$D_0 = 15^2 \times \frac{78^3}{12} + 15 \times 2,88 \times \frac{78^3}{16} + 2,88^2 \times \frac{78^3}{80} = 10,23 \times 10^6 \text{ (кН)}^2\text{м}$$

$$D = 8,07^2 \times \frac{78^3}{12} + 8,07 \times 2,88 \times \frac{78^3}{16} + 2,88^2 \times \frac{78^3}{80} = 3,3 \times 10^6 \text{ (кН)}^2\text{м}$$

$$H^3 + \left(\frac{1,6 \times 10^5 \times 22,37 \times 10,23 \times 10^6}{2 \times 7800 \times 234^2} - 234 \right) H^2 = \frac{1,6 \times 10^5 \times 22,37 \times 3,3 \times 10^6}{2 \times 7800}$$

$$H^3 + 42631,24 \times H^2 = 757,14 \times 10^6 \quad H = 133,06 \text{ кН}$$

3.1.5. Проверка жесткости системы при симметричной нагрузке

“Для определения величины распора в несущих и стабилизирующих вантах от совместного действия постоянных и временных нагрузок предварительно вычисляются параметры уравнения распоров.”[15]

Параметр от собственного веса каната с учётом массы элементов крепления (D_0):

$$D_0 = g_0^2 \frac{l^3}{12} + g_0 p \frac{l^3}{16} + p^2 \frac{l^3}{80}$$

Где $g_0 = 0,2$ кН/м.

Параметр от собственного веса каната, его креплений, конструкции кровли и пригрузки (D_1):

$$D_1 = g^2 \frac{l^3}{12} + g p_2 \frac{l^3}{16} + p_2^2 \frac{l^3}{80}$$

Где $g=1,19$ кН/м (полная постоянная нагрузка), $p_2=0,2$ кН/м.

Параметр от постоянных и временных нагрузок (D_2):

$$D_2 = g^2 \frac{l^3}{12} + g(p_1 + p_2)^2 \frac{l^3}{16} + (p_1 + p_2)^2 \frac{l^3}{80}$$

Где $p_1=5,76$ кН/м (снеговая), $p_1+p_2=5,96$ кН/м.

Подставляя значения, получаем:

$$D_0 = 2605 \text{ (кН)}^2\text{м}$$

$$D_1 = 255978 \text{ (кН)}^2\text{м}$$

$$D_2 = 1523000 \text{ (кН)}^2\text{м}$$

Распор в несущей нити определяется из кубического уравнения:

$$H^3 + \left(\frac{EAD_0}{2lH_0^2} - H_0 \right) H^2 = \frac{EAD_2}{2l}$$

Решение уравнения даёт значение распора $H = 1680$ кН.

Стрелка провисания несущей нити при действии полной нагрузки:

$$f_1 = \frac{p_1 l^2}{8H} = 5,76 \times \frac{78^2}{8 \times 1680} = 2,61 \text{ м}$$

Полученная стрела провисания составляет примерно 1/30 от длины нити. “Такое соотношение обеспечивает достаточную жёсткость вантовой системы и находится в рекомендуемых пределах для покрытий крупных спортивных сооружений.”[15]

3.1.6 Проверка жесткости системы от несимметричной нагрузки

“Отличительной особенностью проверки жёсткости системы при несимметричной нагрузке является то, что стрелки провисания и прогибы определяются в трёх характерных точках: в середине пролёта, а также на расстоянии 1/3 и 1/4 длины нити от опоры (со стороны приложения несимметричной нагрузки).

Проведённые расчёты показали, что наибольшие прогибы возникают на расстоянии 1/4 длины нити от опоры. В связи с этим дальнейший анализ выполнен именно для данного сечения.”[15]

Определение грузового параметра D_3 для несимметричной нагрузки и решение уравнения для распора:

Для несимметричного загрузения (например, при загрузении снеговой нагрузкой только половины покрытия) грузовой параметр D_3 определяется по формуле:

$$D_3 = \frac{p_1^2 l^3}{12} + \frac{p_1 p_2 l^3}{12} + \frac{5 p_2^3 l^3}{192}$$

Где p_1 – линейная постоянная нагрузка, p_2 – линейная снеговая нагрузка, $l=78$ м – длина нити.

$$D_3 = \frac{1,19^2 \times 78^3}{12} + \frac{1,19 \times 5,76 \times 78^3}{12} + \frac{5 \times 5,76^3 \times 78^3}{192} = 2,69 \times 10^6 \text{ (кН)}^2 \text{ м}$$

Распор в ванте при несимметричной нагрузке определяется из кубического уравнения:

$$H_3^3 + \left(\frac{EAD_0}{2lH_0^2} - H_0 \right) H_3^2 = \frac{EAD_3}{2l}$$

Решение уравнения даёт значение распора $H_3 = 1523$ кН.

Определение стрелок провисания нити при действии постоянных и временных нагрузок

Изгибающие моменты от симметричной нагрузки в сечении 1/4 пролёта:

$$M_{1/4} = \frac{3p_1 l^2}{32}$$

Изгибающие моменты от несимметричной нагрузки на половине пролёта:

$$M_{1/4} = \frac{2p_1 l^2}{16} + \frac{3p_1 l^2}{32}$$

Стрелки провисания в сечении 1/4 пролёта составляют:

- от симметричной нагрузки: $f_{1/4} = 5,02$ м
- от несимметричной нагрузки: $f_{1/4} = 5,35$ м

Определение прогибов от временных несимметричных нагрузок и сравнение с допустимыми

$$\Delta f_{1/4} = f_{1/4(p_2+p_1)} - f_{1/4(p_1)} = 5,35 - 5,02 = 0,33 \text{ м}$$

Допустимый прогиб для несущей нити длиной 78 м составляет $1/150l = 0,52$ м. Полученное значение 0,33 м не превышает допустимых пределов.

Таким образом, жёсткость вантовой системы при несимметричной нагрузке обеспечена.

“Для величины пригруза определяют нагрузку, которую могут выдержать канаты с некоторым запасом прочности:”[15]

$$q = \frac{T_{rupt}}{\sqrt{\left(\frac{l^2}{8f}\right)^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2}}$$

$$\frac{EA}{2l} = \frac{1,6 \times 10^5 \times 22,37}{2 \times 7800} = 230 \text{ кН/см}$$

$$q \approx 14,85 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Постоянная расчётная нагрузка:

$$g = q - s = 14,85 - 5,76 = 9,09 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Нормативная:

$$\frac{9,09}{1,1} = 8,26 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

$$H_0 = \frac{gl^2}{8f_0}; \quad D_0 = g^2 \frac{l^3}{12}; \quad D_1 = p_1^3 \frac{l^3}{12};$$

$$D_2 = (p_1 + p_2)^2 \frac{l^3}{12}; \quad D_3 = p_1^3 \frac{l^3}{12} + p_1 p_2 \frac{l^3}{12} + 5p_2^3 \frac{l^3}{192}$$

$$H_0 = \frac{1,19 \times 78^2}{8 \times 3,9} = 234,3 \text{ кН}$$

$$D_0 = \frac{1,19^2 \times 78^3}{12} = 56030 (\text{кН})^2 \text{м}$$

$$D_1 = \frac{9,09^3 \times 78^3}{12} = 29,7 \times 10^6 \text{ (кН)}^2 \text{ м}$$

$$D_2 = \frac{(9,09 + 0,2)^2 \times 78^3}{12} = 3,4 \times 10^6 \text{ (кН)}^2 \text{ м}$$

Решение уравнений для распора даёт следующие значения:

$$H_1 = 561,6 \text{ кН}; \quad H_2 = 28,39 \text{ кН}; \quad H_3 = 549,25 \text{ кН}.$$

Определение стрелки провисания нити при действии постоянных и временных нагрузок

$$f_{1(cp)} = \frac{M_{x1cp}}{H_0'} = \frac{p_1 l^2}{8H_0'} = 5,76 \times \frac{78^2}{8 \times 847,78} = 5,167 \text{ м}$$

$$f_{1(1/4)} = \frac{M_{x1(\frac{1}{4})}}{H_1} = 3 \times \frac{p_1 l^2}{32H_1} = 3 \times 5,76 \times \frac{78^2}{32 \times 561,6} = 5,85 \text{ м}$$

$$f_{2(cp)} = \frac{M_{x2(cp)}}{H_2} = \frac{p_2 l^2}{8H_2} = 0,2 \times \frac{78^2}{8 \times 28,39} = 5,356 \text{ м}$$

$$f_{3(1/4)} = \frac{M_{x3(\frac{1}{4})}}{H_3} = \frac{p_2 l^2}{16H_3} + 3 \times \frac{p_1 l^2}{32H_3} = 0,2 \times \frac{78^2}{16 \times 549,25} + 3 \times 5,76 \times \frac{78^2}{32 \times 549,25} = 6,12 \text{ м}$$

$$\Delta f_{cp} = f_{2(cp)} - f_{1(cp)} = 5,356 - 5,167 = 0,19 \text{ м} < \frac{78}{300} = 0,26 \text{ м}$$

$$\Delta f_{1/4} = f_{2(1/4)} - f_{1(1/4)} = 6,12 - 5,85 = 0,27 \text{ м} < \frac{78}{150} = 0,52 \text{ м}$$

Таким образом, необходимая жесткость обеспечена.

3.1.7 Определение длины заготовок для вант

“Для определения исходных длин заготовок нитей необходимо вычислить распоры в нитях от контактной нагрузки, по следующим формулам:”[15]

$$H_n = \frac{q_0 l^2}{8f_n}, \quad H_s = \frac{q_0 l^2}{8f_s}$$

Длины нитей, можно определить следующим образом:[15]

$$L_n = \ell \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f_n}{\ell} \right)^2 - \frac{H_n}{EA_n} \right], \quad L_s = \ell \left[1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f_s}{\ell} \right)^2 - \frac{H_s}{EA_s} \right]$$

Определение длины заготовок для вант

Таблица 3.2

№	Тип ванты	Пролёт l, м	Стрела f, м	Распор H, кН	Жёсткость EA, кН	Длина заготовки L, м
1	Несущая	78.00	3.90	113.00	2,037×10 ⁸	78.44
2	Несущая	76.75	3.84	111.18	2,037×10 ⁸	77.19
3	Несущая	75.49	3.77	109.36	2,037×10 ⁸	75.93
4	Несущая	74.24	3.71	107.54	2,037×10 ⁸	74.68

5	Несущая	72.98	3.65	105.72	$2,037 \times 10^8$	73.42
6	Несущая	71.73	3.59	103.91	$2,037 \times 10^8$	72.17
7	Несущая	70.48	3.52	102.09	$2,037 \times 10^8$	70.92
8	Несущая	69.22	3.46	100.27	$2,037 \times 10^8$	69.66
9	Несущая	67.97	3.40	98.45	$2,037 \times 10^8$	68.41
10	Несущая	66.71	3.34	96.63	$2,037 \times 10^8$	67.15
11	Несущая	65.46	3.27	94.81	$2,037 \times 10^8$	65.90
12	Несущая	64.21	3.21	92.99	$2,037 \times 10^8$	64.65
13	Несущая	62.95	3.15	91.17	$2,037 \times 10^8$	63.39
14	Несущая	61.70	3.09	89.36	$2,037 \times 10^8$	62.14
15	Несущая	60.44	3.02	87.54	$2,037 \times 10^8$	60.88
16	Несущая	59.19	2.96	85.72	$2,037 \times 10^8$	59.63
17	Несущая	57.94	2.90	83.90	$2,037 \times 10^8$	58.38
18	Несущая	56.68	2.83	82.08	$2,037 \times 10^8$	57.12
19	Несущая	55.43	2.77	80.26	$2,037 \times 10^8$	55.87
20	Несущая	54.17	2.71	78.44	$2,037 \times 10^8$	54.61
21	Несущая	52.92	2.65	76.62	$2,037 \times 10^8$	53.36
22	Несущая	51.67	2.58	74.80	$2,037 \times 10^8$	52.11
23	Несущая	50.41	2.52	72.99	$2,037 \times 10^8$	50.85
24	Несущая	49.16	2.46	71.17	$2,037 \times 10^8$	49.60
25	Несущая	47.90	2.40	69.35	$2,037 \times 10^8$	48.34
26	Несущая	46.65	2.33	67.53	$2,037 \times 10^8$	47.09
27	Несущая	45.40	2.27	65.71	$2,037 \times 10^8$	45.84
28	Несущая	44.14	2.21	63.89	$2,037 \times 10^8$	44.58
29	Несущая	42.89	2.15	62.07	$2,037 \times 10^8$	43.33
30	Несущая	41.63	2.08	60.25	$2,037 \times 10^8$	42.07
31	Несущая	40.38	2.02	58.44	$2,037 \times 10^8$	40.82
32	Несущая	39.13	1.96	56.62	$2,037 \times 10^8$	39.57
33	Несущая	37.87	1.89	54.80	$2,037 \times 10^8$	38.31
34	Несущая	36.62	1.83	52.98	$2,037 \times 10^8$	37.06
35	Несущая	35.36	1.77	51.16	$2,037 \times 10^8$	35.80
36	Несущая	34.11	1.71	49.34	$2,037 \times 10^8$	34.55
37	Несущая	32.86	1.64	47.52	$2,037 \times 10^8$	33.30
38	Несущая	31.60	1.58	45.70	$2,037 \times 10^8$	32.04
39	Несущая	30.35	1.52	43.88	$2,037 \times 10^8$	30.79
40	Несущая	29.09	1.46	42.07	$2,037 \times 10^8$	29.53
41	Несущая	27.84	1.39	40.25	$2,037 \times 10^8$	28.28
42	Несущая	26.59	1.33	38.43	$2,037 \times 10^8$	27.03
43	Несущая	25.33	1.27	36.61	$2,037 \times 10^8$	25.77
44	Несущая	24.08	1.21	34.79	$2,037 \times 10^8$	24.52
45	Несущая	22.82	1.14	32.97	$2,037 \times 10^8$	23.26
46	Несущая	21.57	1.08	31.15	$2,037 \times 10^8$	22.01
47	Несущая	20.32	1.02	29.33	$2,037 \times 10^8$	20.76
48	Несущая	19.06	0.95	27.51	$2,037 \times 10^8$	19.50
49	Несущая	17.81	0.89	25.70	$2,037 \times 10^8$	18.25
50	Несущая	16.55	0.83	23.88	$2,037 \times 10^8$	16.99
51	Несущая	15.30	0.77	22.06	$2,037 \times 10^8$	15.74
52	Несущая	14.05	0.70	20.24	$2,037 \times 10^8$	14.49
53	Несущая	12.79	0.64	18.42	$2,037 \times 10^8$	13.23
54	Несущая	11.54	0.58	16.60	$2,037 \times 10^8$	11.98

55	Несущая	10.28	0.52	14.78	$2,037 \times 10^8$	10.72
56	Несущая	9.03	0.45	12.96	$2,037 \times 10^8$	9.47
57	Несущая	7.78	0.39	11.15	$2,037 \times 10^8$	8.22
58	Несущая	6.52	0.33	9.33	$2,037 \times 10^8$	6.96
59	Несущая	5.27	0.27	7.51	$2,037 \times 10^8$	5.71
60	Несущая	4.01	0.20	5.69	$2,037 \times 10^8$	4.45
61	Несущая	2.76	0.14	3.87	$2,037 \times 10^8$	3.20
62	Стабилизирующая	109.67	7.75	92.5	$8,334 \times 10^7$	111.26
63	Стабилизирующая	119.50	9.20	110.0	$8,334 \times 10^7$	121.09
64	Стабилизирующая	129.80	10.85	130.5	$8,334 \times 10^7$	131.39
65	Стабилизирующая	141.20	12.60	152.0	$8,334 \times 10^7$	142.79
66	Стабилизирующая	153.50	14.10	168.5	$8,334 \times 10^7$	155.09
67	Стабилизирующая	167.80	15.25	177.0	$8,334 \times 10^7$	169.39
68	Стабилизирующая	182.00	15.40	181.8	$8,334 \times 10^7$	183.59
69	Стабилизирующая	195.50	15.10	179.0	$8,334 \times 10^7$	197.09
70	Стабилизирующая	192.00	14.80	175.5	$8,334 \times 10^7$	193.59
71	Стабилизирующая	187.50	14.40	171.0	$8,334 \times 10^7$	189.09
72	Стабилизирующая	182.00	13.95	165.5	$8,334 \times 10^7$	183.59
73	Стабилизирующая	175.50	13.45	159.0	$8,334 \times 10^7$	177.09
74	Стабилизирующая	168.00	12.90	152.0	$8,334 \times 10^7$	169.59
75	Стабилизирующая	159.50	12.30	144.5	$8,334 \times 10^7$	161.09
76	Стабилизирующая	150.00	11.65	136.0	$8,334 \times 10^7$	151.59
77	Стабилизирующая	140.00	10.95	127.0	$8,334 \times 10^7$	141.59
78	Стабилизирующая	129.50	10.20	117.5	$8,334 \times 10^7$	131.09
79	Стабилизирующая	118.50	9.40	107.5	$8,334 \times 10^7$	120.09
80	Стабилизирующая	107.00	8.55	97.0	$8,334 \times 10^7$	108.59
81	Стабилизирующая	95.00	7.65	86.0	$8,334 \times 10^7$	96.59
82	Стабилизирующая	82.50	6.70	74.5	$8,334 \times 10^7$	84.09
83	Стабилизирующая	69.50	5.70	62.5	$8,334 \times 10^7$	71.09
84	Стабилизирующая	56.00	4.65	50.0	$8,334 \times 10^7$	57.59
85	Стабилизирующая	42.00	3.55	37.5	$8,334 \times 10^7$	43.59
86	Стабилизирующая	28.00	2.40	25.0	$8,334 \times 10^7$	29.59
87	Стабилизирующая	15.00	1.20	13.0	$8,334 \times 10^7$	16.59

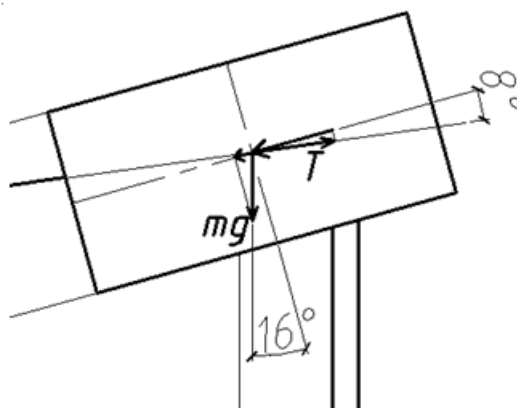
3.2. Расчет металлической арки

3.2.1 Сбор нагрузок на арку

“На арки покрытия передаётся нагрузка от вантовой системы. Нагрузка от вант прикладывается к аркам в виде сосредоточенных сил, равных вертикальной проекции усилия в соответствующей ванте. Шаг приложения сил принят равным 2,0 м в соответствии с шагом вант.”[15]

“Помимо нагрузок от собственного веса покрытия и снеговой нагрузки, при расчёте арок необходимо учитывать температурные воздействия, вызывающие дополнительные усилия в статически неопределимой системе вследствие температурных деформаций.”[4], [15]

Рисунок 3.3 Положение арки



“Для статического расчёта арок рассмотрены три основных варианта загрузки:

1. Постоянная нагрузка — собственный вес покрытия, включая вес вант, кровельного настила, утеплителя, гидроизоляции и пригруза.
2. Снеговая нагрузка на весь пролёт — полное загрузке снеговой нагрузкой по всей длине арки (наиболее неблагоприятное для максимальных усилий).
3. Снеговая нагрузка на половину пролёта — несимметричное загрузке, создающее максимальный изгибающий момент и неравномерную деформацию арки.

Комбинации указанных загрузок с учётом температурных воздействий (нагрев и охлаждение) позволяют получить расчётные усилия (изгибающие моменты, продольные и поперечные силы) в сечениях арок для последующего подбора сечения и проверки прочности и устойчивости.”[15]

Значения исходных нагрузок определяем:

$$q_{с.с.} = 0,595 \times 2 = 1,19 \text{ кН/м} \quad q_{с.с.}^n = 0,507 \times 2 = 1,014 \text{ кН/м}$$

$$s = 2,88 \times 2 = 5,76 \text{ кН/м} \quad s^n = 1,80 \times 2 = 3,60 \text{ кН/м}$$

Усилия в несущих вантах для требуемых типов загрузок рассчитываются согласно формулам ниже:

$$H_n = q \times \frac{l_n^2}{8 \times f_n} \quad V_n = q \times \frac{l_n}{2} \quad T_n = \sqrt{H_n^2 + V_n^2}$$

Снеговая нагрузка:

$$H = q \times \frac{l_n^2}{8 \times f_n} = 5,76 \times \frac{78^2}{8 \times 3,9} = 1122,8 \text{ кН}$$

$$V = q \times \frac{l_n}{2} = 5,76 \times \frac{78}{2} = 224,64 \text{ кН}$$

$$T = \sqrt{H^2 + V^2} = \sqrt{1122,8^2 + 224,64^2} = 1145,1 \text{ кН}$$

Собственный вес:

$$H = \frac{1,19 \times 78^2}{8 \times 3,9} = 232,0 \text{ кН}$$

$$V = \frac{1,19 \times 78}{2} = 46,41 \text{ кН}$$

$$T = \sqrt{232,0^2 + 46,41^2} = 236,6 \text{ кН}$$

Окончательные нагрузки на арку:

$$q_{с.с.покр} = T_{с.в.} \times \frac{\cos(8^\circ)}{2} = 236,6 \times \frac{0,99}{2} = 117,1 \text{ кН/м}$$

$$q_{с.с.арки} = mg \times \sin(16^\circ) = 46,8 \times 0,27 = 12,64 \text{ кН/м}$$

$$q_{с.с.} = 12,64 + 117,1 = 129,74 \text{ кН/м}$$

$$S = T_{снег} \times \frac{\cos(8^\circ)}{2} = 1145,1 \times \frac{0,99}{2} = 566,8 \text{ кН/м}$$

“Нормативные значения изменения средней температуры по сечению элемента в тёплый период года (Δt_w) и в холодный период года (Δt_c) следует определять по следующим формулам:”[5]

$$\Delta t_w = (t_w - t_{oc}) \times \gamma_f \times \gamma_n$$

$$\Delta t_c = (t_c - t_{ow}) \times \gamma_f \times \gamma_n$$

“Где:

- t_w, t_c – нормативные значения средних температур по сечению элемента в теплое и холодное время года;
- t_{ow}, t_{oc} – начальные температуры в теплое и холодное время года;
- γ_f – коэффициент надежности по нагрузке для температурных климатических воздействий, принимается равным $\gamma_f = 1.1$.”[5]

“Для конструкций, находящихся на открытом воздухе, расчётные температуры t_c и t_w (соответственно в холодное и тёплое время года) определяются согласно СП РК 2.03-30-2017 и СП РК 2.04-01-2017 по следующим формулам:”[5], [1]

$$t_w = t_{ew} \quad t_c = t_{ec}$$

“где t_{ew}, t_{ec} — средние суточные температуры наружного воздуха соответственно в тёплое и холодное время года, определяемые по формулам:”[1]

$$t_{ew} = t_{vII} + \Delta_{vII} \quad t_{ec} = t_I - \Delta_I$$

“Где:

- t_{vII}, t_I — многолетние средние месячные температуры воздуха соответственно в июле и январе для г. Алма-Аты: $t_{vII}=+24,0^\circ\text{C}$, $t_I=-4,5^\circ\text{C}$;

- Δ_{VII}, Δ_I — отклонения средних суточных температур от средних месячных, принимаемые равными: $\Delta_{VII}=6,0, \Delta_I=15,0$ °C.” [1]

Таким образом, расчётные температуры составляют:

- в тёплое время года $t_w=+30,0$ °C;
- в холодное время года $t_c=-19,5$ °C.

“Начальную температуру, соответствующую замыканию конструкции или её части в законченную систему, в тёплое t_{0w} и холодное t_{0c} время года следует определять по формулам:”[1]

$$t_{ow} = 0,8 \times t_{vII} + 0,2 \times t_I = 0,8 \times 24,0 + 0,2 \times (-4,5) = 18,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{oc} = 0,2 \times t_{vII} + 0,8 \times t_I = 0,2 \times 24,0 + 0,8 \times (-4,5) = 1,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Тогда расчётные значения изменений средних температур по сечению элемента соответственно в тёплое Δt_w и холодное Δt_c время года равны:

$$\Delta t_w = (t_w - t_{ow}) \times 1,1 \times 0,95 = (30,0 - 18,3) \times 1,1 \times 0,95 = 12,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_c = (t_c - t_{oc}) \times 1,1 \times 0,95 = (-19,5 - 1,2) \times 1,1 \times 0,95 = -21,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

3.2.2 Статический расчёт внешней арки

Статический расчёт арок выполнен в программном комплексе SCAD с учётом совместной работы с вантовой системой покрытия.

Арка рассчитывается как двухшарнирная конструкция с затяжкой. Затяжка воспринимает распор от арок и обеспечивает пространственную жёсткость системы.

В качестве затяжки приняты два параллельно работающих сварных двутавра высотой 1200 мм с площадью сечения по 580 см² каждый.

Поперечное сечение арок принято коробчатого типа переменной высоты. Максимальные размеры сечения арки составляют 4000 × 2500 мм с толщиной листов стенок от 40 до 60 мм в зависимости от величины действующих усилий. Такое сечение обеспечивает необходимую прочность, устойчивость и жёсткость конструкции при значительных пролётах и высоких нагрузках.

Расчёт производился на наиболее неблагоприятные сочетания нагрузок, включающие постоянную нагрузку, снеговую нагрузку (полное и несимметричное загрузение) и температурные воздействия.

Рисунок 3.4 Расчетная схема арки

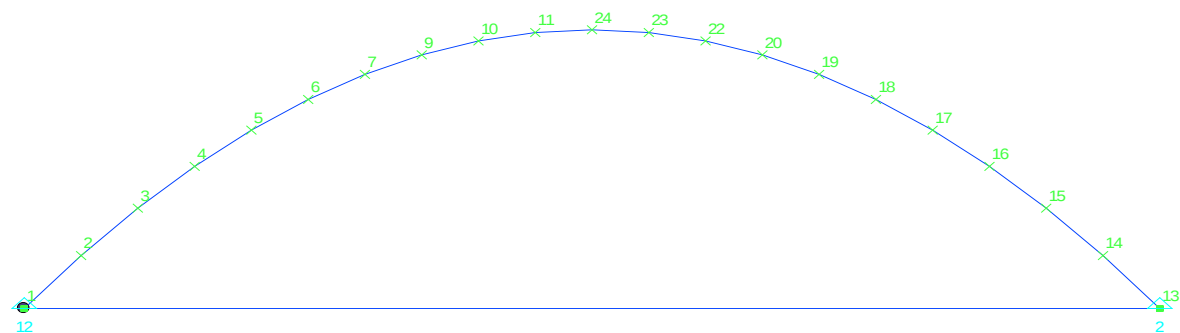


Рисунок 3.5 Первая схема загрузки (постоянная + снег на весь пролёт), кН



Рисунок 3.6 Вторая схема загрузки (постоянная + снег на пол пролёта), кН



Рисунок 3.7 Эпюра М, кНм. Первое нагружение

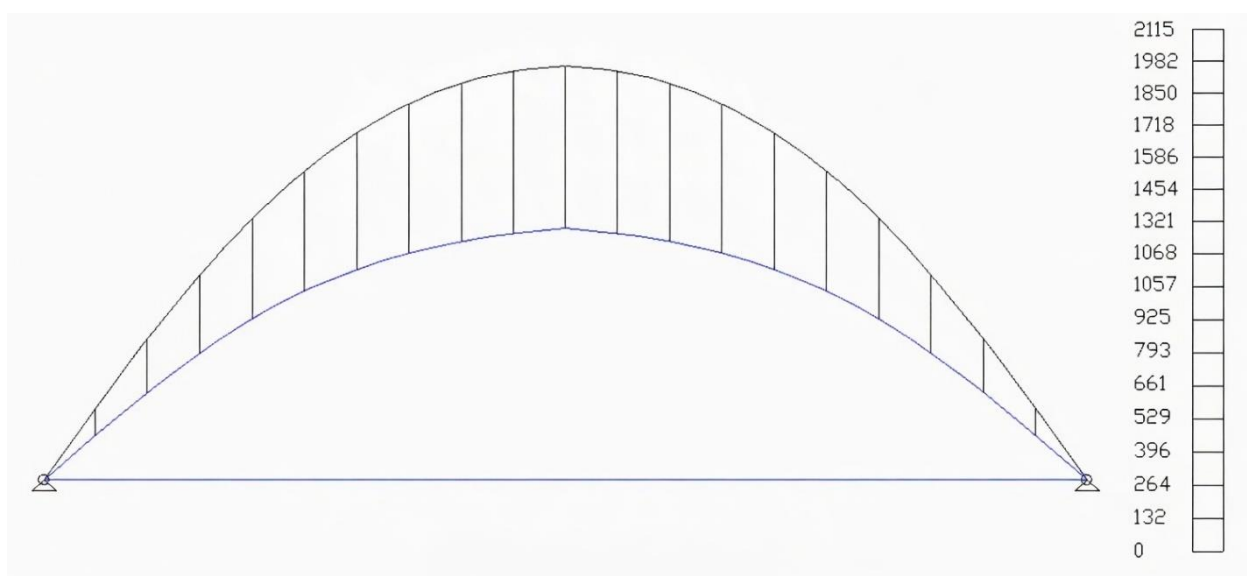


Рисунок 3.8 Эпюра Q, кН. Первое загрузеение

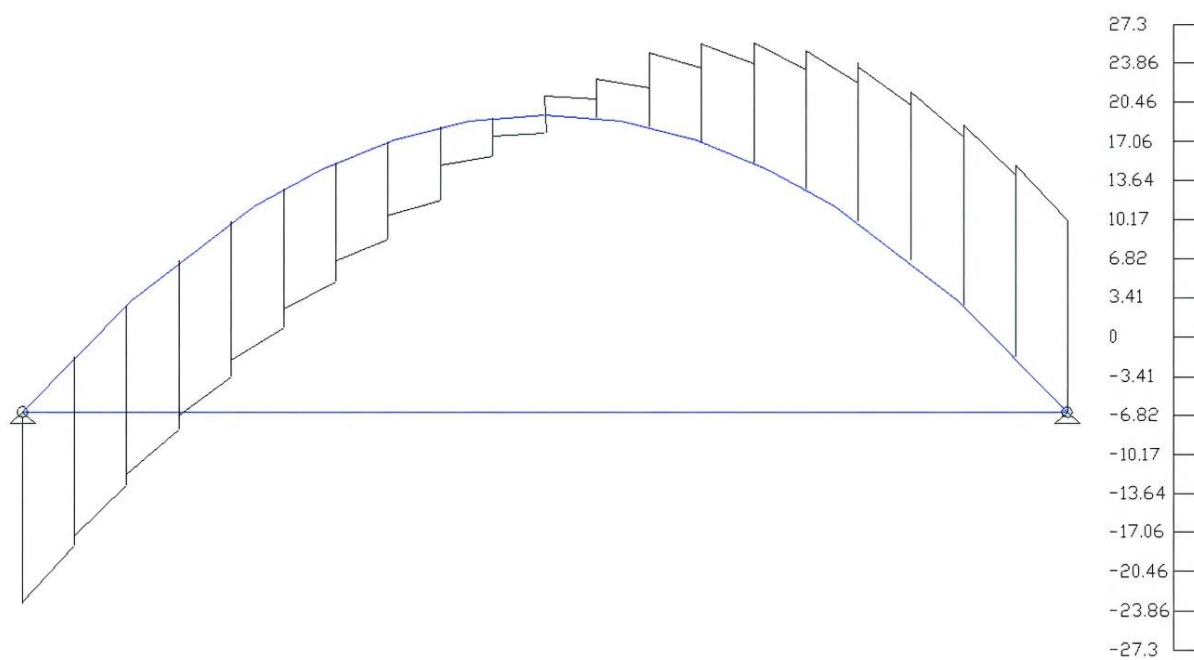
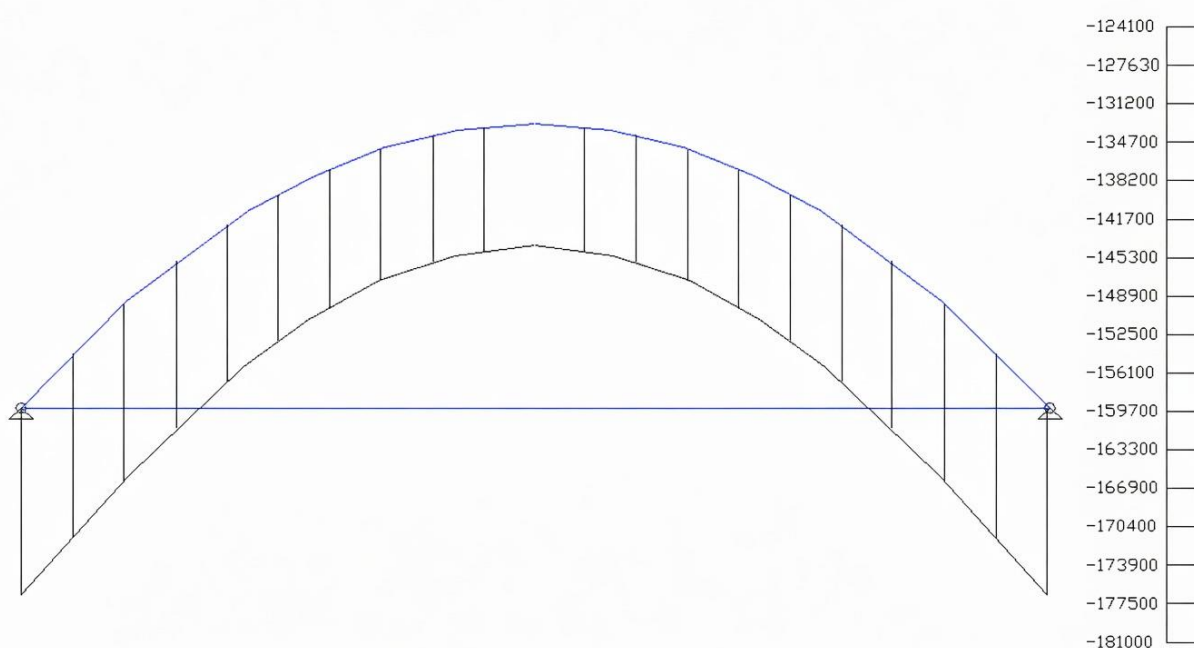


Рисунок 3.9 Эпюра N, кН. Первое загрузеение



Усилие в затяжке по первой схеме загрузки 124100 кН.

Рисунок 3.10 Эпюра М, кНм. Второе загрузеение

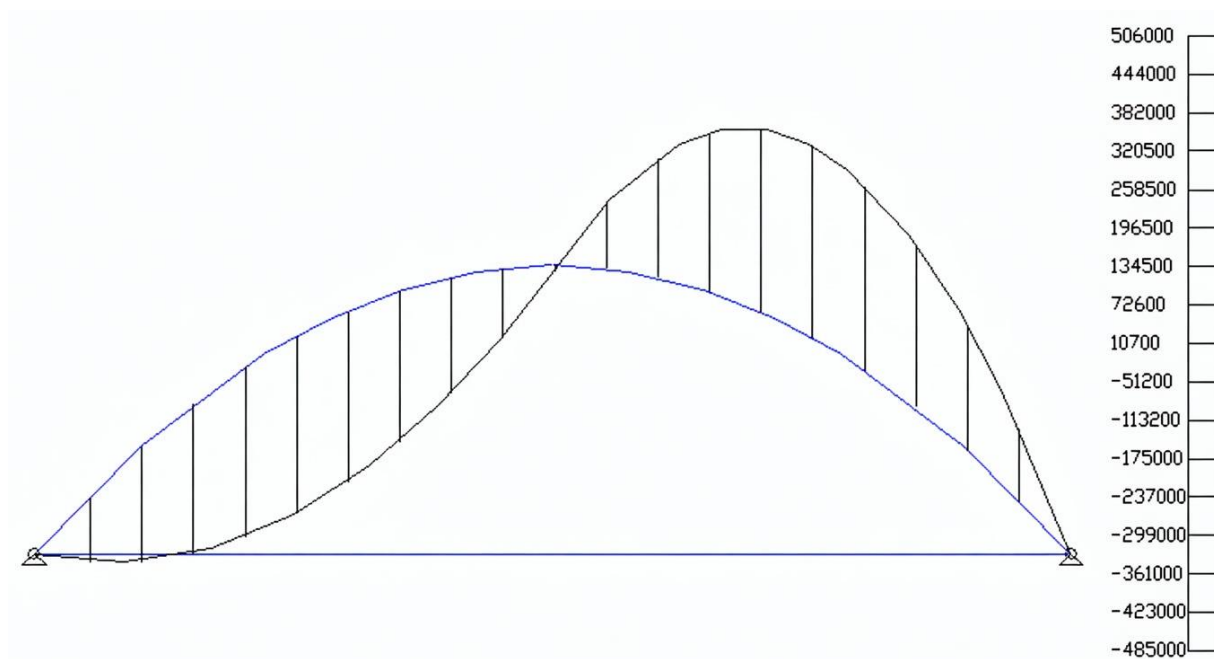


Рисунок 3.10 Эпюра Q, кН. Второе загрузеение

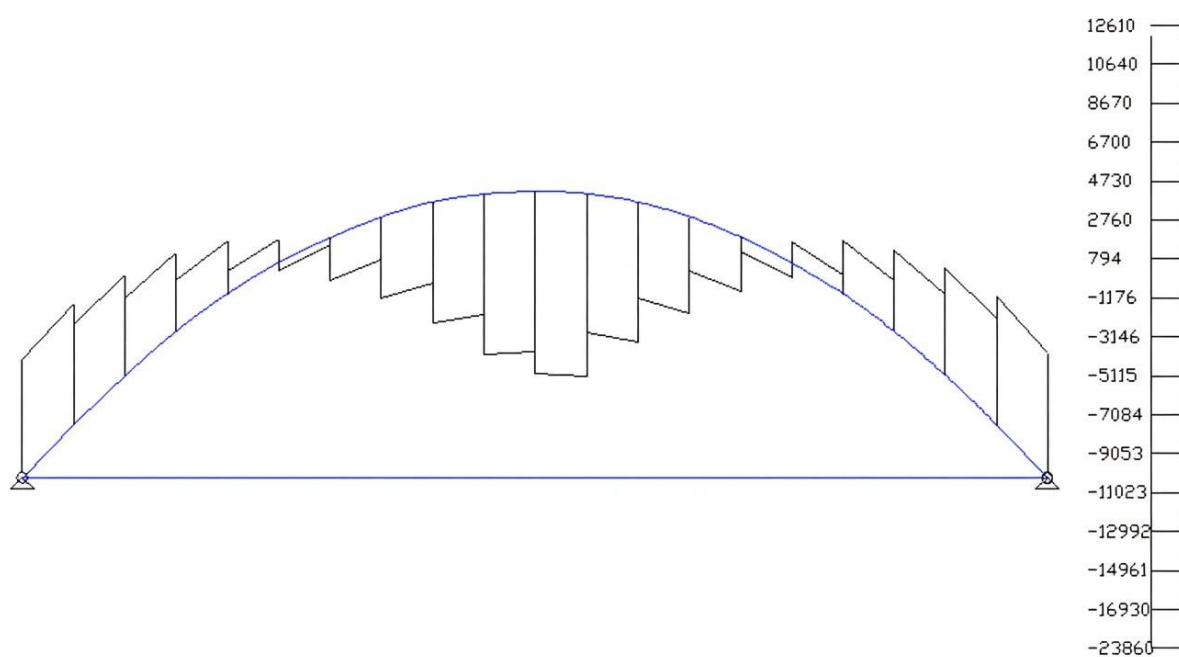
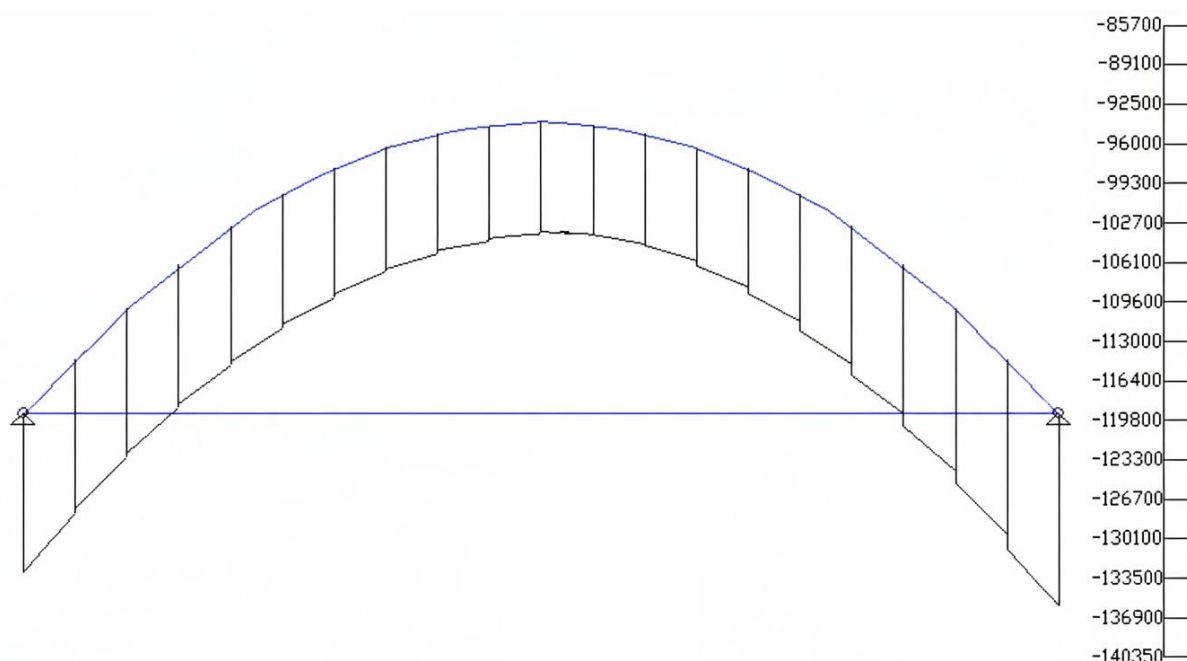


Рисунок 3.11 Эпюра N, кН. Второе загрузеение



Усилие в затяжке по второй схеме загрузеения 85700 кН.

Расчётные усилия равны: $M = 506000$ кНм; $Q = -1176$ кН; $N = 109600$ кН.

3.2.3 Расчёт внешней арки

“Требуемая площадь сечения арки определяется исходя из условия прочности для внецентренно сжатых элементов при упругой работе стали.”[4]

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} \leq R_y \gamma_c$$

$$A_{cal} \geq \frac{6M + N \cdot h \cdot (2\alpha + 1)}{R_y \gamma_c h \cdot (2\alpha + 1)}, \text{ где}$$

- “ σ – нормальное напряжение
- γ_c – коэффициент условий работы
- N – продольная сила (по эпюре N)
- M – изгибающий момент (по эпюре M)
- R_y – расчётное сопротивление стали по пределу текучести
- h – высота сечения”[4]

В качестве материала - сталь С345 с $R_y = 280$ МПа. Коэффициент условий работы γ_c равен единице. Высоту арки приблизительно можно определить как h_{opt} для балок, в пределах $(1/50 \dots 1/80)L$.

$$h = \sqrt[3]{\frac{1,5 \times \lambda_w \times M}{R_y}} = \sqrt[3]{\frac{1,5 \times 120 \times 506000 \times 10^3}{280 \times 10^6}} \approx 6,9 \text{ м}$$

“При данной высоте сечения оптимальным будет $\alpha = 0,5$, $\lambda_w = 120$ принимаем по условиям обеспечения местной устойчивости.”[4]

Тогда требуемая площадь сечения арки будет равна:

$$A_{cal} \geq \frac{6 \times M + N \times h \times (2\alpha + 1)}{R_y \times \gamma_c \times h \times (2\alpha + 1)} = \frac{6 \times 506000 \times 10^3 + 109600 \times 10^3 \times 6,9 \times (2 \times 0,5 + 1)}{280 \times 10^6 \times 6,9 \times (2 \times 0,5 + 1)} = 1,18 \text{ м}^2$$

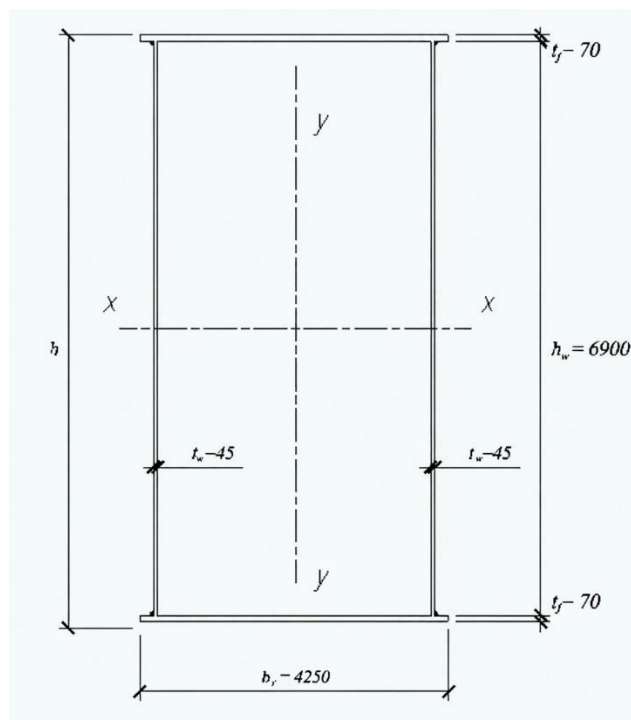
Поскольку $\alpha = 0,5$, то $A_w = A_f = 0,5A$. Следовательно:

$$t_w = \frac{A_w}{2 \times h_w} = \frac{0,59}{2 \times 6,9} = 0,043 \text{ м}$$

По сортаменту принимаю $t_w = 45$ мм. Толщина полки $t_f = 70$ мм.

$$b_f = \frac{A_f}{2t_f} = \frac{0,59}{2 \times 0,07} = 4,21 \text{ м, принимаю } 4,25 \text{ м.}$$

Рисунок 3.12 Сечение внешней арки



Геометрические характеристики сечения:

$$A = 1,226 \text{ м}^2$$

$$J_x = 9,78 \text{ м}^4$$

$$J_y = 1,52 \text{ м}^4$$

$$W_x = \frac{J_x}{y} = \frac{9,78}{3,5} = 2,79 \text{ м}^3$$

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{A}} = \sqrt{\frac{9,78}{1,226}} = 2,82 \text{ м}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{J_y}{A}} = \sqrt{\frac{1,52}{1,226}} = 1,11 \text{ м}$$

Проверка прочности арки проводится как для внецентренно сжатых элементов при упругой работе стали.

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} \leq R_y \times \gamma_c$$

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} = \frac{109600 \times 10^3}{1,226} + \frac{506000 \times 10^3}{2,79} = 270,7 \text{ МПа} \leq R_y = 280 \text{ МПа}$$

$$\sigma_t = \pm 2,36 \times \Delta t \times \frac{h}{f}$$

$$\sigma_t = 2,36 \times (-21,6) \times \frac{6,9}{51} = -6,9 \text{ МПа}$$

$$\sigma_t = 2,36 \times 12,3 \times \frac{6,9}{51} = 3,9 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполнено.

“Помимо проверки прочности сечения арки необходимо выполнить расчёт её устойчивости из плоскости. Устойчивость проверяется на участках между точками закрепления, обеспеченными системой горизонтальных связей, препятствующих смещению арки из плоскости.”[4]

Расчёт устойчивости внецентренно-сжатых элементов следует производить по формуле:

$$\frac{N}{\varphi_y A} \leq R_y \gamma_c$$

“Где:

- φ_y – коэфф. учитывающий влияние момента
- φ_y – коэфф. продольного изгиба, определ. в зависимости от гибкости λ_y “[4]

Гибкости и эксцентриситеты:

$$m_x = \frac{M_x}{N} \times \frac{A}{W_c} = \frac{506000 \times 10^3}{109600 \times 10^3} \times \frac{1,226}{2,79} = 2,03$$

$$\lambda_y = \frac{\ell_{ef}}{i_x} = \frac{600 \times 1,05}{111} = 5,67$$

$$\lambda_c = 3,14 \times \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 3,14 \times \sqrt{\frac{2,06 \times 10^5}{280}} = 85,2$$

$$c = \frac{\beta}{1 + a \times m_x} = \frac{1}{1 + (0,55 + 0,05 \times m_x) \times m_x} = \frac{1}{1 + (0,55 + 0,05 \times 2,03) \times 2,03} = 0,43$$

$$\frac{N}{c\varphi_y \times A} = \frac{109600 \times 10^3}{0,43 \times 1,218} = 209,26 \text{ МПа} \leq 280 \text{ МПа}$$

Устойчивость из плоскости арки обеспечивается.

“Поскольку арка является криволинейным брусом, дополнительно необходимо проверить её устойчивость в плоскости действия изгибающего момента. Проверку устойчивости арки в плоскости выполняют по следующему выражению”[4]:

$$1.4 \cdot p \leq p_{cr} = k \frac{EJ_x}{\ell^3}$$

“Где:

- p – нагрузка на единицу длины арки;
- 1.4 – коэффициент безопасности на устойчивость;
- p_{cr} – критическая нагрузка.”[4]

$$1,4 \times 6.95 = 9.73 \frac{\text{кН}}{\text{м}} \leq \frac{32 \times 2,06 \times 10^5 \times 9,78}{48^3} = 582,95 \text{ кН/м}$$

Устойчивость в плоскости арки обеспечивается.

Для обеспечения местной устойчивости стенок необходимо соблюсти условие:

$$\frac{h_{ef}}{t} \geq \bar{\lambda}_{uw} \sqrt{\frac{E}{R_y}}$$

$$\lambda_1 = \frac{\ell_{ef}}{i_x} = \frac{218 \times 1,05}{2,82} = 81,17$$

$$m = e \times \frac{A}{W} = \frac{506000}{109600} \times \frac{1,226}{2,79} = 2,03 > 1$$

$$\bar{\lambda}_1 = \lambda_1 \times \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 81,17 \times \sqrt{\frac{280}{2,06 \times 10^5}} = 2,99$$

$$\bar{\lambda}_{iw} = 1,2 + 0,31 \times \bar{\lambda}_1 \text{ но не более } 3,1$$

$$\bar{\lambda}_{iw} = 1,2 + 0,31 \times 2,99 = 2,13 < 3,1$$

$$\frac{h_{ef}}{t} = \frac{6,9}{0,045} = 153,33 \geq \bar{\lambda}_{iw} \times \sqrt{\frac{E}{R_y}} = 2,13 \times \sqrt{\frac{2,06 \times 10^5}{280}} = 57,77$$

Устойчивость стенки не обеспечивается, необходима постановка продольных рёбер.

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t} \times \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{6,9}{0,045} \times \sqrt{\frac{280}{2,06 \times 10^5}} = 5,65$$

Необходима постановка поперечных рёбер, также установим в центре продольное ребро.

Поперечные рёбра устанавливаем с шагом на более 6.8 м, в местах крепления вант. В местах крепления ферм устраиваем дополнительное усиление.

Сечение продольных рёбер следующее: $b = 160$ мм, $t = 12$ мм.

Устойчивость полки обеспечивается при:

$$\frac{b_{ef}}{t} \leq (0,4 + 0,3 \times \bar{\lambda})(1 - 0,01 \times m) \times \sqrt{\frac{E}{R_y}}$$

$$\frac{2,125}{0,07} = 30,36 \leq (0,4 + 0,3 \times 2,99)(1 - 0,01 \times 2,03) \times \sqrt{\frac{2,06 \times 10^5}{280}} = 34,47$$

Местная устойчивость полки обеспечивается.

3.2.4. Расчет соединения поясов балки со стенками

Соединение поясов арки со стенкой выполнено двухсторонними угловыми сварными швами. Расчёт прочности сварных соединений произведён согласно требованиям СП РК EN 1993-1-8 «Расчёт соединений» и СП РК 5.01-102-2013 по следующим формулам:[4], [7]

$$\frac{T}{2\beta_f k_f} \leq R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c \quad \frac{T}{2\beta_z k_f} \leq R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c$$

“Где:

- β_f – коэффициент, зависящий от вида сварки
- k_f – катет сварного шва
- R_{wf} – расчётное сопротивление по металлу шва
- R_{wz} – расчётное сопротивление по металлу границы сплавления
- γ_{wf} – коэфф. условий работы шва
- T – сдвигающее усилие на единицу длины”[4]

$$T = \tau t_w = 61,55 \times 10^6 \times 0,045 = 2769,75 \text{ кН/м}$$

$$\tau = \frac{Q \times S'_a}{I_a \times t_w} = \frac{12600 \times 2,15}{9,78 \times 0,045} = 61,55 \text{ МПа}$$

“Где:

- Q – поперечная сила
- S – статический момент
- I_a – момент инерции сечения
- t_w – толщина стенки”[4]

Принимаем полуавтоматическую сварку в среде углекислого газа. “Согласно СП РК 5.01-102-2013 и СП РК EN 1993-1-8 для сварных соединений применяем сварочную проволоку Св-08Г2С.”[7], [4]

Расчётное сопротивление металла шва по временному сопротивлению принимается $R_{wf} = 215$ МПа.

“Согласно п. 3.4 и таблице 56 СП РК 5.01-102-2013 расчётное сопротивление металла шва по пределу текучести составляет:”[4]

$$R_{wz} = 0,45 \times R_{un} = 0,45 \times 450 = 202,5 \text{ МПа}$$

“Согласно п. 12.8 и таблице 38 минимальный катет шва $k_{f, \min} = 8$ мм.”[4]
Максимальный катет шва принимается:

$$k_{f, \max} = 1,2 \times t_{\min} = 1,2 \times 45 = 54 \text{ мм}$$

Согласно п. 11.2* и таблице 34 коэффициенты $\beta_f = 0,9, \beta_z = 1,05$

Согласно п. 11.2* коэффициенты условий работы сварных швов приняты $\gamma_{wf} = 1,0, \gamma_{wz} = 1,0$

$$k_f = \frac{T\gamma_n}{2 \times \beta_f \times R_{wf} \times \gamma_{wf} \times \gamma_c} = \frac{2769,75 \times 10^3 \times 1}{2 \times 0,9 \times 215 \times 10^6 \times 1 \times 1} = 7,15 \text{ мм}$$

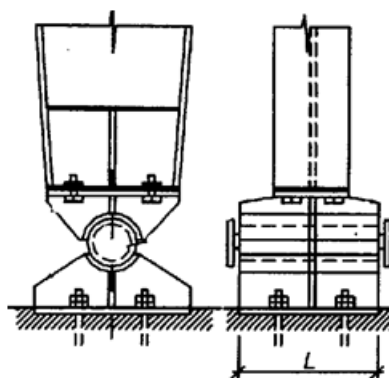
$$k_f = \frac{T\gamma_n}{2 \times \beta_z \times R_{wz} \times \gamma_{wz} \times \gamma_c} = \frac{2769,75 \times 10^3 \times 1}{2 \times 1,05 \times 202,5 \times 10^6 \times 1 \times 1} = 6,51 \text{ мм}$$

Катет шва принимается $k_f = 8$ мм.

3.2.5. Расчёт опорного узла внешней арки

В качестве опоры используется конструкция балансирующего шарнира.

Рисунок 3.13 Балансирный шарнир



Диаметр цапфы определяется исходя из следующего условия:

$$\sigma_{\max} = \frac{1,6N}{d\ell} \leq R_{\ell p}$$

“Где:

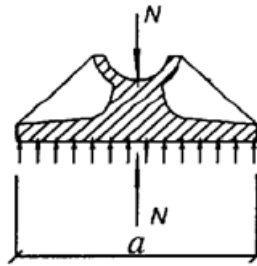
- $\sigma_{\max}$ – наибольшее напряжение в цапфе;

- N – сжимающие усилие;
- d – диаметр цапфы;
- ℓ – длина цапфы;
- $R_{\ell p}$ – расчётное сопротивление на местное смятие в цилиндрических шарнирах при плотном касании.”[7]

$$d = 1,6 \times \frac{N}{R_{\ell p} \times \ell} = \frac{1,6 \times 124100 \times 10^3}{200 \times 10^6 \times 2} = 0,496 \text{ м}$$

Принимаю $d = 0,5$ м.

Рисунок 3.14 Подошва балансира



“Проектируем фундамент из бетона В15, следовательно, $f_{cd} = 7.5$ МПа. Принимаем предварительно $f_{cd\ loc} = 1.4 f_{cd} = 1.4 \times 7.5 = 10.5$ МПа.”[7]

$$a = \frac{N}{f_{cd\ loc} \times \ell} = \frac{124100 \times 10^3}{10,5 \times 10^6 \times 2,4} = 4,92 \text{ м}$$

Принимаю $a = 5$ м.

Размер фундамента принимаю 5×2.8 . Тогда:

$$f_{cd\ loc} = 7,5 \times \sqrt[3]{\frac{9,52}{5,04}} = 9,3 \text{ МПа}$$

$$a = \frac{N}{f_{cd\ loc} \times \ell} = \frac{124100 \times 10^3}{9,3 \times 10^6 \times 2,4} = 5,56 \text{ м}$$

Размер фундамента принимаю 6×2.8 .

$$q = \sigma_b = \frac{N}{a \times \ell} = \frac{124100 \times 10^3}{5,6 \times 2,8} = 7,92 \text{ МПа}$$

Проверка участков, опертых на два, три и четыре канта:

$$M_4 = \alpha \times q \times a^2 = 0,067 \times 7,92 \times 10^6 \times 0,48^2 = 122,5 \text{ кНм}$$

$$M_3 = \beta \times q \times a^2 = 0,095 \times 7,92 \times 10^6 \times 0,48^2 = 173,6 \text{ кНм}$$

$$M_2 = \beta \times q \times a^2 = 0,06 \times 7,92 \times 10^6 \times 0,548^2 = 143,2 \text{ кНм}$$

$$t_{pl} = \sqrt{\frac{6 \times M}{R_y \times \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \times 173,6 \times 10^3}{280 \times 10^6 \times 1,1}} \approx 58 \text{ мм}$$

Принимаю толщину плиты фундамента 600 мм.

3.3. Расчет средней, центрально загруженной металлической колонны

3.3.1. Расчетная схема. Расчетная длина

“Усилие в центрально-сжатой колонне определяется как сумма вертикальных опорных реакций от примыкающих конструкций покрытия (арок и вант) с учётом собственного веса колонны и вышележащих элементов.”[4]

В результате статического расчёта внутреннее продольное усилие в наиболее нагруженной колонне составляет: $N=124100\text{кН}$.

“Расчётную схему колонн принимаем с шарнирным закреплением вверху и жёстким защемлением внизу. Расчётная длина колонн определяется в зависимости от принятой расчётной схемы по формуле:”[4], [7]

$$L_{ef} = \mu \times l$$

Графическая длина колонны учитывает заглубление подошвы фундамента ниже уровня нулевой отметки на 0,6 м и равна:

$$l = (12,5 - 0,01 - 2,80 + 0,6) = 10,29 \text{ м}$$

Коэффициент расчётной длины для принятой схемы закрепления $\mu=1,7$ \mu = 1,7. Тогда расчётная длина колонны составляет:

$$L_{ef} = 1,7 \times 10,29 = 17,49 \text{ м}$$

3.3.2. Подбор сечения колонны

Сечение колонны принято в виде сплошного двутавра.

“Расчёт центрально-сжатых элементов на устойчивость выполнен в соответствии с п. 5.3 СП РК 5.01-102-2013 по формуле:”[4]

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \times A} \leq R_y \times \gamma_c$$

“где:

- N — внутреннее продольное усилие в колонне;
- φ — коэффициент продольного изгиба;
- A — площадь поперечного сечения;
- $R_y=280 \text{ МПа}$ — расчётное сопротивление стали С345;
- $\gamma_c=1,0$ — коэффициент условий работы.”[4]

Используя условие устойчивости, требуемая площадь сечения колонны определяется по формуле:

$$A_{тр} = \frac{N}{\varphi \times R_y \times \gamma_c}$$

Максимальное усилие в колонне составляет $N=124100$ кН. Принимая предварительно коэффициент продольного изгиба $\varphi=0,75$, получаем требуемую площадь сечения:

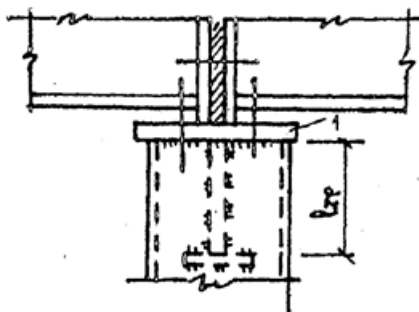
$$A_{тр} = \frac{124100}{0,75 \times 280 \times 1,0} \approx 592 \text{ см}^2$$

“По сортаменту сварных двутавров согласно СТО АСЧМ 20-93 «Двутавры стальные сварные с параллельными гранями полок» принимаем колонный двутавр 100К1.”[16]

Площадь сечения принятого профиля составляет $A = 612 \text{ см}^2$, что удовлетворяет условию устойчивости.

3.3.3. Расчет оголовка колонны

Рисунок 3.15 К расчету оголовка колонны



Давление от вышележащих конструкций (арок и затяжек) передаётся на стержень колонны через опорную плиту толщиной 40 мм и вертикальную траверсу.

Толщину траверсы определяем из расчёта на смятие под опорной плитой:

$$b_p = 0,5 \times (\beta - t_f) = 0,5 \times (55 - 5,5) = 24,75 \text{ см}$$

Принимаем $b_p = 250$ мм.

Толщину траверсы находим из условия смятия:

$$t_r = \frac{N}{2 \times b_p \times R_p} = \frac{124100 \times 10^3}{2 \times 0,25 \times 35,6 \times 10^6} \approx 70 \text{ мм}$$

Принимаем толщину траверсы 80 мм (по сортаменту).

“Высоту траверсы назначаем из расчёта сварных швов для крепления её к стенке колонны. Катет шва k_f принимаем равным 12 мм, руководствуясь рекомендациями СП РК 5.01-102-2013.”[4]

Сварка выполняется полуавтоматическим способом в среде углекислого газа проволокой Св-08Г2С. Расчётное сопротивление металла шва по временному сопротивлению $R_{wf}=215$ МПа.

Коэффициенты, учитывающие глубину проплавления: $\beta_f=0,9$, $\beta_z=1,05$.

Требуемая расчётная длина шва:

$$l_w = \frac{N}{2 \times \beta_f \times k_f \times R_{wf}} = \frac{124100 \times 10^3}{2 \times 0,9 \times 0,012 \times 215 \times 10^6} \approx 2670 \text{ мм}$$

Принимая высоту траверсы 800 мм и сварку с двух сторон, общая длина швов составляет 3200 мм, что превышает требуемую расчётную длину. Условие прочности сварных швов выполняется.

3.3.4 Расчет базы колонны

Расчёт базы колонны выполняется на усилие:

$$N_1 = N + g_k \times l_e = 124100 + 150 \times 17,49 = 126725 \text{ кН}$$

Материал опорной плиты — сталь С345. Расчётное сопротивление стали при толщине $t = 40\text{--}60$ мм составляет $R_y = 280$ МПа. Фундамент запроектирован из бетона класса В25, расчётное сопротивление бетона осевому сжатию $R_b = 14,5$ МПа.

Расчётное сопротивление бетона смятию под плитой определяется по формуле:

$$R_{b,loc} = R_b \times \gamma$$

Где γ — коэффициент, зависящий от отношения площади опорной плиты к площади обреза фундамента, принимаемый в пределах от 1,0 до 1,5. Принимаем $\gamma = 1,25$. Тогда:

$$R_{b,loc} = 14,5 \times 1,25 = 18,125 \text{ МПа}$$

Плита загружена снизу равномерным опорным давлением фундамента, равным напряжению под плитой:

$$\sigma = \frac{N_1}{B \times L} = \frac{126725 \times 10^3}{560 \times 280} = 0,809 \text{ кН/см}^2$$

$$q = \sigma \times 1 = 0,809 \times 1 = 0,809 \text{ кН/см}$$

Участок 1 (опирание по четырём сторонам).

Стороны участка: $a = 19,3$ см, $b = 34,0$ см, $b/a = 1,76$.

Изгибающий момент:

$$M_1 = q \times a^2 = 0,809 \times 19,3^2 \times 0,101 = 30,9 \text{ кНсм}$$

Участок 2 (консольный).

Изгибающий момент для консольной балочки пролётом 2 см:

$$M_2 = q \times \frac{l^2}{2} = 0,809 \times \frac{2^2}{2} = 1,62 \text{ кНсм}$$

Участок 3 (опирание по трём сторонам).

Проверяем отношение свободной стороны ($b_1 = 4$ см) к защемлённой ($a_1 = 37,2$ см):

$$\frac{b_1}{a_1} = 0,107 < 2 \Rightarrow M_3 = q \times \frac{a^2}{2} = 0,809 \times \frac{37,2^2}{2} = 6,46 \text{ кНсм}$$

Максимальный изгибающий момент возникает на первом участке и равен 30,9 кНсм.

Определяем толщину плиты из условия прочности изгибаемого элемента:

$$\frac{M_{max}}{W} \leq R_y \times \gamma_c$$
$$t_{pl} = \sqrt{6 \times \frac{M_{max}}{1 \times R_y}} = \sqrt{6 \times \frac{30,9}{28}} \approx 2,57 \text{ см}$$

Рассчитываем прикрепление траверсы к колонне.

Расчётное сопротивление металла шва по временному сопротивлению принимается $R_{wf}=215$ МПа (проволока Св-08Г2С, полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа).

Расчётное сопротивление металла шва по пределу текучести:

$$R_{wz} = 0,45 \times R_{un} = 0,45 \times 450 = 202,5 \text{ МПа}$$

Коэффициенты, учитывающие глубину проплавления: $\beta_f = 0,9$, $\beta_z = 1,05$.

Проверяем условие выбора расчётного сопротивления:

$$R_{wf} \times \beta_f = 215 \times 0,9 = 193,5 \text{ МПа} > R_{wz} \times \beta_z = 202,5 \times 1,05 = 212,6 \text{ МПа}$$

Условие не выполняется, поэтому расчёт сварного шва выполняем по сечению, проходящему по границе сплавления.

Катет шва k_f назначаем по толщине траверсы — 12 мм (конструктивно).

Конструктивное требование к фланговым швам:

$$l_w \leq 85 \times k_f \times \beta_f = 85 \times 12 \times 0,9 = 918 \text{ мм}$$

Высоту траверсы назначаем 800 мм. При сварке с двух сторон общая длина швов составляет 3200 мм, что значительно превышает требуемую длину. Условие выполняется.

Торец колонны принимаем фрезерованным, поэтому крепление траверсы к опорной плите назначаем конструктивно с минимально возможным катетом шва $k_f=8$ мм.

Выполняем проверку прочности траверсы на консольных участках, рассматривая её как балку, закреплённую одним концом и нагруженную равномерно распределённой нагрузкой. Интенсивность погонной нагрузки:

$$q_T = \sigma \times \frac{B}{2} = 0,809 \times \frac{560}{2} = 226,5 \text{ кН/см}$$

Изгибающий момент и перерезывающая сила в закреплённой консоли траверсы:

$$M_T = q_T \times \frac{l^2}{2} = \frac{226,5 \times 3^2}{2} = 1019 \text{ кНсм}$$

$$Q_T = q_T \times l = 226,5 \times 3 = 679,5 \text{ кН}$$

Проверки прочности траверсы по нормальным и касательным напряжениям:

$$\sigma = \frac{M_T}{W_T} = 6 \times \frac{M_T}{t_T \times h_T^2} = \frac{6 \times 1019}{1 \times 80^2} = \frac{0,95 \text{ кН}}{\text{см}^2} < R_y = 28 \text{ кН/см}^2$$

$$\tau = \frac{Q_T}{t_T \times h_T} = \frac{679,5}{1 \times 80} = \frac{8,49 \text{ кН}}{\text{см}^2} < R_s = 16,2 \text{ кН/см}^2$$

4. Организация, технология, управление строительством

4.1. Проект производства работ

4.1.1. Основные положения по организации строительства

Проект производства работ (ППР) разработан для строительства современного крытого хоккейного стадиона на 25 000 зрителей в городе Алма-Аты. Он представляет собой комплексный организационно-технологический документ, который определяет порядок, методы и сроки выполнения всех строительно-монтажных работ.

В качестве исходных данных для разработки ППР использовались задание на дипломное проектирование, а также материалы ранее выполненных архитектурно-строительной и расчётно-конструктивной частей проекта.

Участок строительства расположен в Бостандыкском районе Алма-Аты, на территории существующего Центрального стадиона. Общая площадь территории составляет 8,75 га. Рельеф площадки в целом спокойный, с пологим уклоном в юго-восточном направлении, что в значительной степени облегчает проведение земляных и планировочных работ.

Несущий каркас здания выполнен полностью в металле и включает мощные внешние и внутренние арки, вантовую систему покрытия и колонны. В качестве ограждающих конструкций приняты современные сэндвич-панели. В плане стадион имеет овальную форму с размерами в осях 144 × 150 м. Высота здания до верхней точки покрытия составляет 26,08 м. В здании предусмотрен технический этаж с отметкой пола минус 3,3 м, где размещаются основные инженерные коммуникации и технологическое оборудование.

4.1.2. Определение директивного срока строительства

“Директивный срок строительства крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест в городе Алма-Аты определяется согласно СП РК 1.03-00-2011 «Организация строительства».”[17]

По укрупнённым нормативам нормативная продолжительность строительства крытого хоккейного стадиона составляет 8 месяцев. В том числе:

- подготовительный период – 0,5 месяца,
- подземная часть – 1 месяц,
- надземная часть – 5 месяцев,
- отделочные работы и монтаж оборудования – 1,5 месяца.

С учётом особенностей строительства в Алма-Аты (стеснённости участка в центре города, сейсмичность района 8–9 баллов и климатические условия) нормативный срок корректируется следующими коэффициентами:

- “ $K_1 = 1,3$ – коэффициент, учитывающий стеснённость строительной площадки и сложность рельефа;
- $K_3 = 1,1$ – коэффициент, учитывающий климатические условия района строительства;
- $K_4 = 1,25$ – коэффициент, учитывающий сейсмичность района”[17]

Общая продолжительность строительства определяется по формуле:

$$T = (T_{pm} \times K_1 + T_{pch} + T_{pch} + T_{otd}) \times K_3 \times K_4$$

$$T = (0,5 \times 1,3 + 1 + 5 + 1,5) \times 1,10 \times 1,25 = 8,15 \times 1,10 \times 1,25 = 11,2 \approx 11 \text{ месяцев}$$

После разработки и оптимизации сетевого графика производства работ директивный срок строительства был уточнён и скорректирован в сторону уменьшения с учётом реальных технологических возможностей и принятой последовательности выполнения работ.

4.1.3 Подготовка строительного производства

Перед началом строительства крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест в городе Алма-Аты выполняется комплекс подготовительных работ. Эти мероприятия являются обязательным и важным этапом, который обеспечивает успешное и организованное начало основных строительно-монтажных работ.

Подготовительные работы традиционно разделяются на три основных этапа:

- общая организационно-техническая подготовка, проводимая ещё до выхода на строительную площадку;
- подготовка к строительству самого объекта, включающая внеплощадочные и внутриплощадочные работы по освоению и инженерной подготовке территории;
- непосредственная подготовка к производству строительно-монтажных работ.

“Общая организационно-техническая подготовка проводится заказчиком и включает:

- обеспечение строительства проектно-сметной документацией;
- отвод земельного участка в натуре и закрепление его границ;
- оформление финансирования строительства;
- заключение договоров подряда и субподряда;
- получение всех необходимых разрешений и допусков на производство работ;

- обеспечение строительства временными инженерными сетями (электро-, водо-, теплоснабжение, связь);
- организацию поставки на объект основных конструкций, материалов и оборудования.”[17]

Работы подготовительного периода включают:

“Внеплощадочные работы:

- создание опорной геодезической сети (красные линии, реперы, главные оси здания);
- строительство подъездных автомобильных дорог;
- прокладку временных сетей электроснабжения, водопровода, канализации и связи.”[17]

“Внутриплощадочные работы:

- расчистка и планировка территории строительной площадки;
- устройство временных внутриплощадочных дорог;
- прокладка временных инженерных коммуникаций;
- установка временных зданий и сооружений (бытовые помещения, сушилки, столовые, санузлы, помещения для обогрева рабочих);
- размещение противопожарного инвентаря и средств пожаротушения.”[17]

Окончание работ подготовительного периода оформляется актом, подписанным заказчиком, генеральным подрядчиком и субподрядными организациями.

“При подготовке к производству строительно-монтажных работ выполняются следующие мероприятия: приемка на местности знаков геодезической разбивочной основы, разработка и внедрение мероприятий по организации труда, обеспечение строительных бригад необходимым инструментом, средствами малой механизации и монтажной оснасткой, оборудование рабочих мест, создание необходимого запаса конструкций и материалов, монтаж и опробование строительных машин и механизмов, комплектование бригад квалифицированными кадрами.”[17]

4.1.4. Основные требования по выполнению геодезических построений и геодезического контроля точности СМР

“При производстве геодезических работ необходимо руководствоваться требованиями СП РК 1.03-01-2011 и других действующих нормативных документов.”[18]

Геодезическое обеспечение строительства играет одну из ключевых ролей в обеспечении точности и качества всех строительно-монтажных работ. Именно поэтому геодезическая разбивка строительной площадки закладывает фундамент для успешной реализации всего проекта.

В подготовительный период выполняется целый комплекс геодезических мероприятий, включающий:

- создание опорной геодезической сети на территории строительства;
- разбивку площадки на квадраты с закреплением вершин реперами;
- поверочное нивелирование всей территории;
- вынос в натуру и надёжное закрепление основных разбивочных осей здания;
- устройство обноски вокруг будущего сооружения с фиксацией осей.

Разбивка здания как в плане, так и по высоте производится с использованием современных высокоточных геодезических приборов — электронных тахеометров и цифровых нивелиров.

В состав основных геодезических разбивочных работ входит создание разбивочного геодезического плана с закреплением главных осей сооружения, перенос этих осей по вертикали на каждый монтажный горизонт, разметка установочных рисок для точного монтажа металлических конструкций, а также определение и закрепление монтажных горизонтов на каждом этаже здания.

В процессе строительства особое внимание уделяется постоянному геодезическому мониторингу. Регулярно выполняется контроль за осадками фундаментов и возможными деформациями несущего металлического каркаса здания на всех этапах монтажа.

По результатам исполнительных геодезических съёмок составляются подробные исполнительные схемы и чертежи. В их состав входят также исполнительные чертежи всех подземных инженерных сетей. Это позволяет точно зафиксировать фактическое положение конструкций и коммуникаций после завершения каждого этапа работ и обеспечить высокую точность дальнейшего строительства.

4.1.5 Организационно-технологический анализ степени сложности объекта

Объект строительства относится к категории средней сложности.

“Обоснованием данного класса сложности служат следующие факторы:

- Архитектурно-планировочные и объёмно-пространственные решения здания индивидуальны, с применением как типовых, так и уникальных конструктивных решений (крупногабаритные металлические арки, пространственная вантовая система покрытия);
- Условия производства работ нормальные, несмотря на стеснённость строительной площадки в условиях городской застройки;
- Возможность организации выполнения повторяющихся строительных процессов поточным методом (монтаж колонн, типовых элементов каркаса, ограждающих конструкций);

- Необходимость привлечения к строительству нескольких специализированных субподрядных организаций для выполнения отдельных видов работ (монтаж металлоконструкций, устройство вантовой системы, кровельные и отделочные работы).”[17]

4.1.6. Обоснование решений по организации строительства

Строительство крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест в городе Алма-Аты организовано в пять основных этапов. Такой подход позволяет чётко спланировать последовательность работ, рационально распределить ресурсы и обеспечить технологическую дисциплину на всём протяжении строительства.

Первый этап — подготовительный период. На этом этапе выполняются вертикальная планировка территории, прокладка временных и постоянных подземных инженерных сетей, а также устройство временных строительных дорог и площадок.

Второй этап — строительство подземной части. Ведущим процессом здесь является устройство монолитных фундаментов: столбчатых — под колонны основного каркаса и ленточных — под несущие стены и конструкции нижнего яруса трибун. Разработка котлована выполняется экскаваторами, после чего сразу производятся фундаменты. По завершении бетонирования фундаментов осуществляется монтаж колонн первого яруса, устройство перекрытия над техническим этажом и обратная засыпка пазух котлована.

Третий этап – возведение надземной части здания. Является наиболее трудоёмким и продолжительным этапом. Монтаж несущих металлических конструкций (колонн, внутренних и внешних арок, вантовой системы покрытия) осуществляется башенными и гусеничными кранами большой грузоподъёмности. Возведение надземной части стадиона организовано ярусным методом. В первую очередь полностью монтируется основной металлический каркас, включающий колонны, внешние и внутренние арки, а также вантовую систему покрытия. Только после завершения и выверки несущих конструкций приступают к монтажу кровельного покрытия и установке наружных ограждающих конструкций из сэндвич-панелей.

Монтаж лестниц и внутренних конструкций ведётся параллельно с основными работами, что позволяет рационально использовать время и технику, а также значительно сократить общую продолжительность этого этапа.

Четвертый этап – отделочные и специальные работы. Выполняются после завершения основного монтажа несущих конструкций и устройства кровли. До начала отделочных работ должны быть завершены все сантехнические, электротехнические, вентиляционные и слаботочные работы, а также монтаж дверных и оконных блоков.

Пятый этап – благоустройство территории. Включает устройство асфальтобетонных покрытий, тротуаров, парковок, озеленение территории, установку малых архитектурных форм и наружное освещение.

Поставка всех сборных металлических конструкций (арок, колонн, ферм, связей) и сэндвич-панелей на строительную площадку осуществляется автомобильным транспортом непосредственно с завода-изготовителя.

Все поступающие элементы разгружаются и складываются на специально подготовленных приобъектных площадках, расположенных в зоне действия монтажных кранов. При складировании строго соблюдаются требования по безопасному хранению, защите от атмосферных воздействий и удобству последующего монтажа.

“Строительство объекта осуществляется подрядным способом с привлечением специализированных субподрядных организаций, что позволяет обеспечить высокое качество работ за счёт узкой специализации и современной материально-технической базы.”[17]

“Выбор типа и марки монтажных кранов осуществляется на основании объёмно-планировочных и конструктивных решений здания, массы и габаритных размеров монтируемых элементов, а также условий их расположения в плане и по высоте.”[17]

“Основными параметрами, определяющими выбор крана, являются:

- M_m – монтажная масса элемента, т;
- H_m – монтажная высота подъёма крюка, м;
- ℓ_m – требуемый монтажный вылет крюка, м.”[17]

Требуемая грузоподъёмность крана (монтажная масса) определяется по формуле:

$$M_m = M_k + M_c$$

Где:

- M_k — масса монтируемой конструкции (арки, элемента вантовой системы и т.д.);
- M_c — масса строповки и грузозахватных приспособлений.

Требуемая высота подъёма крюка крана (монтажная высота) определяется по формуле:

$$H_m = h_0 + h_3 + h_{эл} + h_c + h_n$$

“Где:

- h_0 — высота монтажного горизонта (отметка установки элемента);
- h_3 — запас по высоте (не менее 0,5 м);
- $h_{эл}$ — высота монтируемого элемента;
- h_c — высота строповки;

- h_n — высота полиспаста крана (примерно 1,5 м).”[17]

Требуемый вылет крюка крана определяется по формуле:

$$\ell = (a + d) \times \frac{H_m - h_m}{h_n + h_c} + c$$

“Где:

- h_m — высота шарнира пяты стрелы крана от уровня стоянки (примерно 1,5 м);
- c — расстояние от оси вращения шарнира пяты стрелы до оси вращения крана (примерно 2 м);
- a — расстояние от стрелы крана до крайней точки груза (1 м);
- d — расстояние от центра строповки груза до точки, расположенной ближе всего к стреле крана;
- H_m — монтажная высота подъёма крюка;
- h_n — высота полиспаста крана;
- h_c — высота строповки.”[17]

Требуемая длина стрелы крана определяется по формуле:

$$L = \sqrt{(\ell_m - c)^2 + (H_m - h_m)^2}$$

Для крана, оборудованного монтажным гуськом, требуемый вылет крюка определяется по формуле:

$$\ell_m = c + d + (h_0 + h_3 + h_{эл} + h_c) \times \operatorname{ctg} 70^\circ$$

$$M_m = 78 + 3,5 = 81,5 \text{ т}$$

$$H_m = 26,08 + 2,0 + 26,0 + 4,5 + 2,0 = 60,58 \text{ м}$$

$$\ell_m = 2,0 + 1,0 + (26,08 + 2,0 + 26,0 + 4,5) \times 0,364 = 3,0 + 58,58 \times 0,364 \approx 24,3 \text{ м}$$

$$L = \sqrt{(24,3 - 2,0)^2 + (60,58 - 1,5)^2} = \sqrt{(22,3)^2 + (59,08)^2} \approx \sqrt{497 + 3489} \approx \sqrt{3986} \approx 63,1 \text{ м}$$

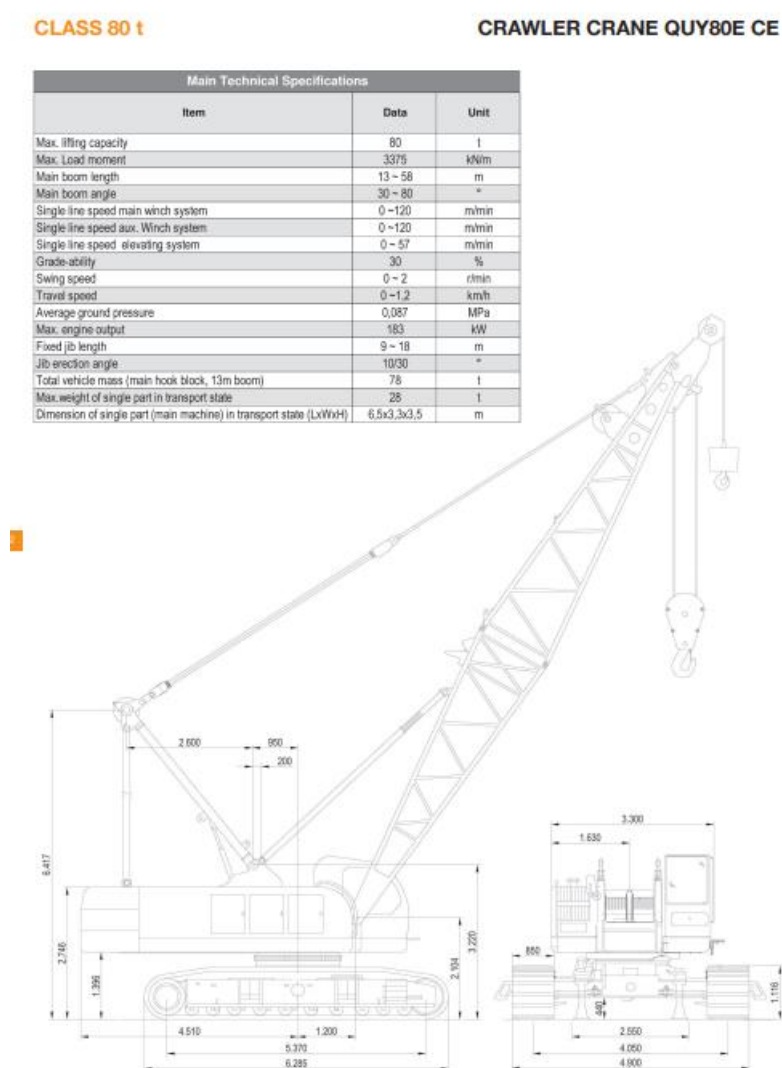
Итоговые монтажные характеристики крана:

- Монтажная масса: 81,5 т
- Монтажная высота подъёма крюка: 60,6 м
- Требуемый вылет крюка: 24,3 м
- Требуемая длина стрелы: 63,1 м

Анализ технических характеристик современных монтажных кранов показал, что для выполнения работ по монтажу арок наиболее рационально применение гусеничного крана с решётчатой стрелой грузоподъёмностью не менее 80–85 т.

В качестве основного монтажного крана принят кран XCMG XGC80 (или аналог QUY80)

Рисунок 4.1 Характеристики крана QUY80E CE



4.1.7. Обоснование решений по производству работ

Повторяемость основных габаритных решений, размеров несущих конструкций, элементов покрытия и объёмов работ на различных ярусах трибун и участках здания создаёт удобные условия для организации строительства поточным методом по этажам. Благодаря этому удаётся сформировать постоянные специализированные бригады и звенья,

существенно повысить производительность труда и заметно сократить общие сроки возведения крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч мест в Алма-Аты.

Все строительно-монтажные работы по технологическому признаку разделены на две крупные группы. К первой группе относятся общестроительные работы. Во вторую группу входят специальные работы: монтаж инженерных систем, выполнение всех видов отделочных работ, устройство ледовой арены и благоустройство прилегающей территории. Такое чёткое разделение позволяет организовать производственный процесс более дисциплинированно и рационально использовать материально-технические ресурсы на объекте.

“При выполнении всех видов работ обязательно соблюдение требований охраны труда и техники безопасности, а также с учётом повышенной сейсмичности района строительства (8–9 баллов).”[5]

4.1.8. Определение объемов работ, трудоемкости и машиноёмкости работ, потребности в материалах, конструкциях и полуфабрикатах

“На основании проектных объёмов работ, определённых по рабочим чертежам, выполнены расчёты трудоёмкости основных строительно-монтажных процессов, а также определена потребность в строительных машинах, механизмах, материалах и конструкциях. Составы звеньев и бригад рабочих приняты в соответствии с нормами и расценками ЕНиР.”[19]

Потребность в основных строительных материалах, изделиях и конструкциях определялась на основе комплекта рабочих чертежей архитектурно-строительной и расчётно-конструктивной частей проекта. В расчёт включены металлоконструкции арок и вант, сэндвич-панели, монолитный железобетон, профилированный настил кровли и другие необходимые материалы. При определении объёмов были учтены нормативные коэффициенты технологических потерь и неизбежных отходов, что позволило получить реальные и обоснованные данные для организации поставок на строительную площадку.

Сводная ведомость потребности в материалах

Таблица 4.1

№	Наименование материалов и изделий	Ед. изм.	Кол-во
1	Щиты опалубки	м ²	4 850
2	Арматура стальная	т	1 850
3	Мастика морозостойкая битумная МБ-50	т	12,4
4	Кирпич керамический	тыс. шт.	285
5	Лестничные марши и площадки	шт.	86
6	Плиты перекрытия (монолит + сборные)	м ³	6 450
7	Колонны металлические	шт.	624
8	Арки металлические (внешние и внутренние)	шт.	8

9	Вантовые системы покрытия (канаты)	т	68,5
10	Плиты теплоизоляционные (минераловатные + пенополистирол)	м³	2 680
11	Битумная мастика горячая	т	8,7
12	Блоки дверные и ворота	м²	1 240
13	Электроды Э42, Э50	т	14,8
14	Раствор кладочный М25–М100	м³	680
15	Пена полиуретановая монтажная	мл	218 000
16	Болты анкерные и высокопрочные	т	28,4
17	Песок природный	м³	1 850
18	Топливо дизельное	т	48,5
19	Пленка полиэтиленовая гидроизоляционная	м²	68 400
20	Рубероид и гидроизоляционные материалы	м²	12 800
21	Брусчатка и плитка тротуарная	м²	8 650
22	Бетон тяжелый (всех марок)	м³	14 200
23	Плитка керамическая и керамогранит «ГРЕС»	м²	6 850
24	Гранитная плитка и облицовка	м²	4 200
25	Растворы строительные отделочные	м³	385
26	Шпатлевка и грунтовки	т	18,4
27	Краски фасадные и интерьерные	т	9,8
28	Профнастил кровельный и стеновой	т	185
29	Сэндвич-панели (стеновые и кровельные)	м²	28 500
30	Самонарезные болты и метизы	т	4,85

4.1.9. Обоснование календарного планирования

Календарное планирование строительства крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест в Алма-Аты разработано с целью обеспечения рациональной последовательности выполнения всех работ, оптимального использования трудовых, материальных и технических ресурсов, а также достижения установленного директивного срока строительства.

При составлении календарного плана был выбран поточный метод организации строительства с параллельно-последовательным выполнением работ. Такой подход обусловлен высокой повторяемостью объёмно-планировочных и конструктивных решений по ярусам трибун и участкам здания. Поточный метод позволил сформировать постоянные специализированные бригады, повысить производительность труда и существенно сократить общую продолжительность строительства по сравнению с последовательным методом.

Критический путь сетевого графика проходит через наиболее продолжительные и технологически сложные процессы: разработку котлована, устройство фундаментов, монтаж металлического каркаса, установку внешних и внутренних арок, монтаж вантовой системы покрытия и устройство кровли. Именно эти работы определяют общий срок

строительства и требуют особого внимания при планировании поставок материалов и работы основных механизмов.

При разработке календарного плана были учтены следующие основные факторы:

- стеснённые условия строительной площадки в центральной части Алма-Аты;
- сейсмичность района (8–9 баллов), требующая повышенной точности и контроля качества монтажа несущих конструкций;
- резко континентальный климат с продолжительным отопительным периодом и возможными отрицательными температурами в зимние месяцы;
- большая единовременная потребность в материалах и конструкциях (особенно металлоконструкциях арок и вант);
- необходимость параллельного выполнения общестроительных и специальных работ (монтаж инженерных систем, отделка, устройство ледовой арены).

Календарный план построен таким образом, чтобы максимально использовать технологические перерывы в работе кранов и других ведущих механизмов, обеспечивая их непрерывную занятость на разных участках. Особое внимание уделено увязке графика поставки конструкций с графиком монтажа, что исключает длительное складирование и простои.

Таким образом, разработанный календарный план представляет собой обоснованное, технологически выверенное и экономически эффективное решение организации строительства крупного спортивного объекта в сложных градостроительных и климатических условиях Алма-Аты.

4.1.10. Обоснование к стройгенплану

Доставка бетонной смеси на объект осуществляется автобетоносмесителями, оборудованными системами обогрева кузова. Температура бетонной смеси при укладке в конструкцию должна быть не ниже +15 °С.

Монтаж основных несущих конструкций — металлических колонн, арок и элементов вантовой системы покрытия — выполняется двумя гусеничными кранами XCMG XGC80, оснащёнными стреловым оборудованием необходимой длины. Такой способ организации работ признан наиболее рациональным, поскольку согласно сетевому графику в работе кранов предусмотрены технологические перерывы. В эти периоды технику можно эффективно задействовать на других участках, что позволяет существенно сократить простои и снизить затраты на эксплуатацию грузоподъёмных механизмов.

Производство санитарно-технических и электротехнических работ начинается только после того, как в здании будут полностью установлены все дверные и оконные блоки. Это важное технологическое условие позволяет защитить инженерные

коммуникации от возможных повреждений во время отделочных работ и обеспечить необходимую герметичность помещений.

Данные работы разделены на два основных этапа. На первом этапе, который предшествует началу отделки, выполняются основные скрытые операции: прокладка главных инженерных трасс и подключение постоянного теплоснабжения здания. На втором этапе, после завершения всех видов отделочных работ, производится окончательное подключение систем холодного и горячего водоснабжения, монтаж санитарно-технических приборов и установка электротехнических устройств.

Элементы металлического каркаса, лестничные марши и опалубка складываются на специально подготовленных открытых приобъектных площадках, расположенных непосредственно в зоне действия монтажных кранов. Такое размещение позволяет оперативно подавать конструкции к месту монтажа и значительно сократить лишние перемещения по территории.

Подача рулонных материалов на кровлю при устройстве вантового покрытия осуществляется с помощью электрических подъемников, установленных в торцевых частях здания. Использование для этих целей основных монтажных кранов признано нецелесообразным, поскольку они не будут загружены на полную мощность и будут иметь значительные простои в работе.

Отделочные работы внутри здания начинаются только после полного завершения монтажа кровли и установки всех наружных ограждающих конструкций. При выполнении шпатлёвочных и окрасочных работ широко применяются средства малой механизации. Все отделочные процессы организованы поточным методом, что позволяет существенно сократить общую продолжительность строительства по сравнению с последовательным выполнением работ. Отделка помещений ведётся в строгой технологической последовательности: штукатурка стен, шпатлевание потолков, шпатлевание стен, окраска потолков, окраска стен и устройство чистых полов.

При выполнении штукатурных работ по деревянным поверхностям листы сухой штукатурки крепятся оцинкованными гвоздями или самонарезающими шурупами.

“Работы по благоустройству территории начинаются после демонтажа подвесных люлек и строительных лесов. Согласно сетевому графику, эти работы выполняются в ноябре–декабре и включают очистку строительной площадки от мусора, демонтаж временных бытовых и вспомогательных помещений. Основные мероприятия по озеленению и благоустройству прилегающей территории (посадка деревьев и кустарников, устройство газонов, клумб, тротуаров из плитки, подъездных путей и автостоянок, а также

организация дополнительного освещения) выполняются силами заказчика в весенний период.”[17]

Технико-экономические показатели

1. Продолжительность строительства – 234 календарных дня (определена из сетевого графика);
2. Общая трудоёмкость – 22 721,72 чел.-час (определена из таблицы 5.1);
3. Трудоёмкость на 1 м³ – 0,0367 чел.-час/м³ (определяется путём деления общей трудоёмкости на строительный объём здания – 620 000 м³);
4. Трудоёмкость на 1 м² – 0,468 чел.-час/м² (определяется путём деления общей трудоёмкости на общую площадь здания – 48 500 м²);
5. Коэффициент неравномерности (определяется по эпюре движения рабочей силы, а именно $R_{cp} = S_p / T_{общ.}$, где S_p – площадь эпюры; $T_{общ.}$ = 456 дней – общая продолжительность строительства; $K_n = R_{max} / R_{cp}$, где R_{max} – максимальное число рабочих в одну смену);
6. Среднее число рабочих – 16 человек (определяется по графику движения рабочей силы).

4.1.11. Расчет элементов стройгенплана

“Основанием для расчёта состава персонала строительства является график движения рабочей силы для максимально загруженной смены. Общая численность персонала, занятого на строительстве крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч мест в г. Алма-Аты в наиболее многочисленную смену, определяется по формуле:”[17]

$$N_0 = (N_{max} + N_{итр} + N_{моп}) \times 1,06$$

“где N_{max} — максимальная численность рабочих, занятых на основном и неосновном производстве, а также на монтаже технологического оборудования и рассчитывается по формуле:”[17]

$$N_{max} = N_{осн} + N_{неосн}$$

“Где:

- $N_{осн}$ — численность рабочих основного производства по максимальному значению графика движения рабочей силы;
- $N_{неосн}$ — численность рабочих неосновного производства по обслуживанию мастерских, площадок укрупнительной сборки и прочих работ, принимается в размере 20–30 % от $N_{осн}$;”[17]

“ $N_{итр}$ — численность инженерно-технических работников, определяемая по формуле:”[17]

$$N_{итр} = N_{max} \times 0,06$$

“Численность младшего обслуживающего персонала $N_{моп}$ определяется по формуле:”[17]

$$N_{моп} = N_{max} \times 0,04$$

Коэффициент невыходов на работу принят равным 1,06.

- численность рабочих основного производства $N_{осн}=25$ чел.;
- численность рабочих неосновного производства $N_{неосн}=0,2 \times 25=5$ чел.,
принимаем 5 чел.;
- максимальная численность рабочих $N_{max}=30$ чел.;
- численность инженерно-технических работников $N_{итр}=30 \times 0,06=1,8$,
принимаем 2 чел.;
- численность младшего обслуживающего персонала $N_{моп}=30 \times 0,04=1,2$,
принимаем 2 чел.

$$N_0 = (30 + 2 + 2 + 5) \times 1,06 = 41,34 \text{ чел.}$$

Принимаем 42 человека.

Расчет потребности в инвентарных зданиях

“Основанием для выбора номенклатуры и расчёта потребности в площадях инвентарных административных и культурно-бытовых временных зданий и сооружений служат продолжительность строительства объекта и расчётная численность персонала строительства.”[17]

Оптимальные сроки нахождения инвентарных зданий на строительной площадке приняты следующие:

- для передвижных зданий — до 6 месяцев;
- для контейнерных зданий — до 18 месяцев;
- для сборно-разборных зданий — 18–36 месяцев.

“Расчёт потребности в площадях и принимаемые конструктивные решения инвентарных зданий выполняются в форме таблицы.”[17]

Расчет инвентарных зданий

Таблица 4.2

№	Наименование инвентарных зданий и помещений	Численность, чел.	Норма на 1 человека	Расчётная площадь, м ²
1	Гардеробная с умывальником	42	0,9 м ² /чел.	37,8
2	Душевая	42	0,9 м ² /кран	37,8
3	Сушка одежды	30	0,2 м ² /чел.	6,0
4	Помещение для обогрева рабочих	38	0,1 м ² /чел.	3,8
5	Туалет	30	0,14 м ² /чел.	4,2

6	Комната для приёма пищи	30	1,2 м²/чел.	36,0
7	Прорабская	2	4 м²/чел.	8,0

Экспликация инвентарных зданий

Таблица 4.3

№	Наименование инвентарных зданий	Расчётная площадь, м²	Размеры, м	Кол-во	Принятая площадь, м²	Конструктивный характер
1	Прорабская	8	4×6	1	24	Здание контейнерного типа
2	Кабинет по ТБ	—	3×6	1	18	Передвижной
3	Гардеробная с умывальником	37,8	3×6	3	54	Здание контейнерного типа
4	Душевая	37,8	3×6	3	54	Здание контейнерного типа
5	Уборная на 4 места	4,2	1,6×1,2	2	6,2	Сборно-разборная передвижная
6	Сушка одежды	6	3×6	1	18	Передвижной
7	Помещение для обогрева рабочих	3,8	3×6	1	18	Передвижной
8	Столовая на 40 мест	36	6×9	1	54	Здание контейнерного типа

Проектирование временных дорог и подъездов

Проектирование временных дорог и подъездов на строительной площадке крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест является одним из важнейших элементов организации строительства. От правильного расположения, ширины и качества временных проездов напрямую зависит ритмичность поставки материалов и конструкций, работа грузоподъёмных механизмов, безопасность движения транспорта и людей, а также общая продолжительность строительства.

Схема движения транспорта и расположение временных дорог на строительном генеральном плане (СГП) разработана с учётом максимальной эффективности логистики. Временные дороги проложены таким образом, чтобы обеспечить удобный и безопасный подъезд ко всем основным рабочим зонам: к зоне действия монтажных кранов, площадкам разгрузки и складирования крупногабаритных металлоконструкций, открытым и закрытым складам, мастерским, механизированным установкам, бытовым помещениям и местам выполнения специальных работ.

Конструкция временных дорог принята как естественная грунтовая профилированная дорога с необходимым уклоном для отвода поверхностных вод. В местах повышенной нагрузки (зона разгрузки тяжёлых металлоконструкций и работы кранов) предусмотрено местное усиление дорожного покрытия щебёночной подушкой и геотекстилем. Это решение позволило существенно снизить стоимость временных дорог по сравнению с асфальтобетонным покрытием, сохранив при этом достаточную несущую способность для тяжёлого строительного транспорта.

Ширина проезжей части временных дорог принята 6–7 метров, что обеспечивает свободный проезд грузовых автомобилей и работу кранов большой грузоподъёмности. На наиболее напряжённых участках организованы разъездные площадки и дополнительные уширения. Все повороты и перекрёстки выполнены с достаточными радиусами для беспрепятственного маневрирования длинномерного транспорта.

Проектирование временных дорог и подъездов учитывало не только технологические потребности, но и требования безопасности. На всей протяжённости дорог установлены дорожные знаки, ограничения скорости, искусственные неровности в зоне бытовых помещений и пешеходных переходов. В тёмное время суток временные дороги и основные рабочие зоны освещаются.

Такой комплексный подход к проектированию временных дорог и подъездов позволил создать удобную, безопасную и технологически эффективную транспортную схему на строительной площадке, которая способствует ритмичной работе всех участников строительства и минимизирует простои техники и транспорта.

Организация складского хозяйства

Приобъектные склады организуются для временного хранения строительных материалов, полуфабрикатов, изделий, конструкций и оборудования.

“Полная расчётная площадь открытого склада определяется по формуле:”[17]

$$S_{\text{расч}} = \frac{Q_0}{q \times K_3}$$

“Где:

- Q_0 – расчётный запас материалов, подлежащих складированию на строительной площадке;
- q – норма складирования материалов на 1 м² площади склада;
- K_3 – коэф. использования площади склада;”[17]

$$Q_p = Q_{\text{сут}} \times n \times K1 \times K2$$

“Где:

- $Q_{\text{сут}}$ – среднесуточная потребность в материалах данного вида;

- K1 – коэф. неравномерности потребления материала (принимается 1,2 - 1,4);
- K2 – коэф. неравномерности поступления материалов (принимается 1,1 - 1,3);”[17]

$$Q_{\text{сут}} = \frac{Q}{T}$$

“Где:

- Q – количество материала, необходимого для выполнения заданного объёма работ;
- T – продолжительность выполнения работы согласно календарного плана (сетового графика);”[17]

Расчет площадей складов

Таблица 4.4

№	Наименование материалов, хранящихся на складе	Ед. изм.	Потребность в материалах		Коэф. неравном. потреб. мат-лов	Коэф. неравном. поступ. мат-лов	Запас материалов		Норма хранения на 1 м² площади	Коэф. использ. площади	Расчётная площадь склада, м²
			общая	средне-сут.			норма	расчётный запас			
1	Опалубка	м²	12 500	892	1,2	1,1	1	1 180	10	0,6	197
2	Каркасы арматурные	шт.	2 500	179	1,2	1,1	1	236	1,1	0,8	295
3	Металлоконструкции (арки, колонны, ванты)	т	12 800	53,3	1,2	1,1	1	70	0,5	0,6	233
4	Плиты перекрытий и монолитные конструкции	м³	14 200	496	1,2	1,1	1	654	0,8	0,6	1 090
5	Лестничные марши	шт.	86	0,36	1,2	1,1	1	0,48	0,3	0,7	2,3
6	Рубероид и рулонная гидроизоляция	м²	68 400	4 560	1,2	1,1	1	6 000	12	0,55	1 091
7	Сэндвич-панели (стеновые и кровельные)	м²	28 500	1 900	1,2	1,1	1	2 500	8	0,55	455

8	Профнастил кровельный и стеновой	т	185	0,77	1,2	1,1	1	1,0	0,5	0,6	3,3
9	Оконные и дверные блоки	м²	1 631	108	1,2	1,1	2	285	5,7	0,55	91
10	Керамическая плитка и гранит «ГРЕС»	м²	11 050	368	1,2	1,1	2	972	1,2	0,7	$\frac{1}{174}$

Экспликация складов

Таблица 4.5

№	Вид склада	Площадь склада, м²		Размеры в плане, м	Способ хранения	Исп. проект / Конструктивный характер
		расчётная	принятая			
1	Открытый	4 637	5 000	25 × 200	Открытое хранение	Открытая спланированная площадка
2	Закрытый	850	1 000	20 × 50	Закрытое хранение	Здания контейнерного типа

Временное водоснабжение и канализация

Для обеспечения нормальных условий производства работ и санитарно-бытовых нужд персонала на строительной площадке предусмотрено временное водоснабжение и канализация.[9]

Расчёт расхода воды

Общий суточный расход воды определяется как сумма хозяйственно-питьевого, душевого, производственного и противопожарного расходов.

Численность рабочих в наиболее многочисленную смену — 42 чел. Норма расхода — 25 л/чел·сут.

$$Q_{\text{хоз}} = 42 \times 25 = 1050 \text{ л/сут}$$

Количество душевых сеток принимается 1 сетка на 8 человек. Того 5 сеток. Норма расхода — 500 л/сетку·смену.

$$Q_{\text{душ}} = 5 \times 500 = 2500 \text{ л/сут}$$

Производственное водопотребление (бетонирование, полив, мойка оборудования, приготовление растворов и т.д.) принимается ориентировочно 3 500 л/сут (с учётом большого объёма бетонных и отделочных работ).

Согласно нормам для строительных площадок — 10 л/с (наружное пожаротушение). При продолжительности тушения 3 часа:

$$Q_{\text{пож}} = 10 \times 3 \times 3600 = 108000 \text{ л}$$

Общий расчётный суточный расход воды:

$$Q_{\text{сут}} = Q_{\text{хоз}} + Q_{\text{душ}} + Q_{\text{произв}} + Q_{\text{пож}} = 1050 + 2500 + 3500 + 108000 = 115050 \text{ л/сут}$$

Максимальный секундный расход (при одновременном действии хозяйственно-питьевого и противопожарного) принимается 12–15 л/с.

Временная канализация

Расчётный расход сточных вод принимается равным 80 % от общего расхода воды:

$$Q_{\text{кан}} = 0,8 \times 115 = 92 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Расчёт диаметров трубопроводов

“Диаметр трубопровода определяется по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

Где:

- Q — расчётный расход, м³/с;
- v — скорость движения воды в трубопроводе, м/с.”[9]

Для хозяйственно-производственного водопровода скорость принимается v=1,2 м/с:

$$d = \sqrt{4 \times \frac{0,015}{3,14 \times 1,2}} \approx 0,126 \text{ м} = 126 \text{ мм}$$

Принимаем ближайший больший стандартный диаметр 150 мм.

Для противопожарного водопровода (отдельная ветка) скорость допускается до 2,5 м/с:

$$d = \sqrt{4 \times \frac{0,010}{3,14 \times 2,5}} \approx 0,071 \text{ м} = 71 \text{ мм}$$

Принимаем диаметр 100 мм.

Диаметр канализационного коллектора рассчитывается при скорости движения стоков v=0,8 м/с:

$$d = \sqrt{4 \times \frac{0,00106}{3,14 \times 0,8}} \approx 0,041 \text{ м} = 41 \text{ мм}$$

Принимаем ближайший стандартный диаметр 150 мм (с запасом).

Временное электроснабжение

“Целью расчёта временного электроснабжения строительной площадки является подбор мощности и рациональное расположение трансформаторной подстанции, а также оптимальное размещение электрических сетей, обеспечивающих бесперебойную подачу электроэнергии всем потребителям на площадке.”[10]

Трансформаторные подстанции подбираются по максимальной расчётной мощности, потребляемой в период строительства крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч мест в г. Алма-Аты.

Расчет потребности в электроэнергии

Таблица 4.6

№	Наименование потребителей	Ед. изм.	Кол-во	Удельная мощность на ед., кВт	Коэф. спроса, Кс	Коэф. мощности, cos α	Расчётная трансформаторная мощность, кВт
1	Вибратор глубинный С-413 (или аналог)	шт.	12	1,0	0,35	0,4	16,8
2	Электросварочный аппарат (СТН-350 и аналоги)	шт.	8	20	0,45	0,4	288
3	Электропрогрев бетона	м³	25	60	0,85	0,95	1 275
4	Освещение и прочие нужды территории стройплощадки	100 м²	875	0,015	0,8	0,9	9,45
	Итого	—	—	—	—	—	1 589,25

Принятая мощность трансформаторной подстанции — 1 600 кВА (ближайший больший стандартный номинал с запасом 10–15 %).

Расчет освещения

Освещение строительной площадки предусмотрено для обеспечения безопасного и производительного выполнения работ в тёмное время суток, а также для охраны объекта.

“Нормы освещённости приняты в соответствии с требованиями СП РК 5.01-102-2013 и СНиП 23-05-95*:[7], [20]”

- Общая территория строительной площадки и проезды — 5–10 лк
- Зоны монтажа металлоконструкций и арок — 20–30 лк
- Зоны бетонирования и отделочных работ — 20–50 лк
- Складские площадки — 10 лк

Расчётная площадь освещаемой территории — 87 500 м² (8,75 га).

Расчёт установленной мощности освещения.

Общая установленная мощность освещения определяется по формуле:

$$P_{\text{осв}} = \frac{E \times S \times k_3 \times k_n}{\eta \times \cos\varphi}$$

“Где:

- E — нормируемая освещённость, лк
- S — освещаемая площадь, м²
- k₃ — коэффициент запаса (1,3–1,5)
- k_n — коэффициент неравномерности (1,15)
- η — коэффициент использования светового потока (0,4–0,6)
- cosφ — коэффициент мощности (0,9)”[20]

Результаты расчета освещения по зонам

Таблица 4.7

Зона	Площадь, м ²	Норма E, лк	Удельная мощность, Вт/м ²	Установленная мощность, кВт
Общая территория и проезды	52 000	10	1,8	93,6
Зона монтажа арок и металлоконструкций	18 000	25	4,5	81,0
Зона бетонирования и отделки	10 000	30	5,5	55,0
Складские площадки	7 500	10	2,0	15,0
Итого	87 500	—	—	244,6

Принятая установленная мощность освещения — 250 кВт (с запасом ≈ 2 %).

Для освещения используются прожекторы светодиодные мощностью 400–1000 Вт на мачтах высотой 15–25 м, а также переносные светильники в рабочих зонах.

Проектирование временного теплоснабжения

Временное теплоснабжение строительной площадки крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест в Алма-Аты является одним из важнейших элементов организации строительства, особенно с учётом резко континентального климата региона и продолжительного отопительного периода.

Проектирование временного теплоснабжения выполнялось с целью создания комфортных и безопасных условий труда для рабочих в холодное время года, обеспечения нормального производства бетонных и отделочных работ, а также поддержания положительной температуры в бытовых помещениях, складах и временных мастерских.

В качестве основных источников тепла были выбраны комбинированные решения. На первом этапе строительства, когда ещё нет возможности подключения к постоянным городским тепловым сетям, применяются мобильные дизельные и электрические тепловые

пушки высокой мощности, а также электрорадиаторы и трубчатые электронагреватели (ТЭНы) заводского изготовления. Для обогрева крупных временных помещений (столовые, гардеробные, прорабские) предусмотрены более мощные тепловентиляционные установки и мобильные теплогенераторы.

Особое внимание уделено обогреву зон производства бетонных работ в зимний период. Для этого используются системы электропрогрева бетона (электродный и кабельный методы) и тепляки с принудительной вентиляцией. Температура внутри тепляков поддерживается в пределах $+5...+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зависимости от вида бетонных работ и требований нормативных документов.

Все бытовые помещения (гардеробные, душевые, комнаты приёма пищи, сушилки одежды) оборудованы современными электрорадиаторами и ТЭНами с автоматическими терморегуляторами. Это позволяет поддерживать комфортную температуру воздуха (не ниже $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$) и одновременно экономно расходовать электроэнергию.

Проектирование временного теплоснабжения учитывало максимальную энергоэффективность и безопасность. Все нагревательные приборы имеют необходимую степень защиты, заземление и автоматические устройства отключения при перегреве или коротком замыкании. Размещение теплового оборудования выполнено с соблюдением противопожарных разрывов и требований правил пожарной безопасности.

До начала отопительного сезона на объекте проводится полная проверка и испытание всех систем временного теплоснабжения. Выявленные недостатки и неисправности устраняются в обязательном порядке. На период эксплуатации назначается ответственный за исправное состояние и безопасную работу временных систем отопления.

Таким образом, грамотно спроектированное временное теплоснабжение позволяет вести строительно-монтажные работы круглогодично, обеспечивать комфортные условия труда персонала и поддерживать требуемое качество выполнения бетонных и отделочных работ даже в самые холодные месяцы года.

4.1.12. Расчет технико-экономических показателей

Продолжительность строительства крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест в городе Алма-Аты, рассчитанная по оптимизированному сетевому графику производства работ, составляет 234 календарных дня (примерно 11 месяцев).

Основные технико-экономические показатели строительного генерального плана, характеризующие эффективность организации территории и использования ресурсов, приведены ниже:

- Площадь территории строительной площадки — $87\,500\text{ м}^2$;
- Площадь, занимаемая временными зданиями и сооружениями — $1\,246\text{ м}^2$;

- Площадь открытых и закрытых складов — 6 000 м²;
- Протяжённость временных дорог — 1 850 м;
- Протяжённость временной электросети — 2 150 м;
- Протяжённость временной водопроводной сети — 980 м;
- Протяжённость ограждения строительной площадки — 1 450 м;
- Коэффициент застройки — 0,48;
- Коэффициент использования территории — 0,74.

4.2. Технологическая карта на монтаж внешних арок

4.2.1 Область применения

Технологическая карта разработана на монтаж внешних металлических арок коробчатого сечения, которые являются основными несущими элементами вантовой системы покрытия крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч мест в городе Алма-Аты.

Арки монтируются из отдельных отправочных марок длиной около 12 метров, масса каждой марки составляет примерно 48 тонн.

В состав работ, рассматриваемых в технологической карте, входят: сборка и установка временных опор, подача блоков арок к месту монтажа и непосредственный монтаж арок.

Монтажные работы ведутся в одну смену в летне-осенний период. Подача и установка блоков арок осуществляется двумя гусеничными кранами XCMG XGC80. Строительство ведётся в городе Алма-Аты. Продолжительность строительно-монтажных работ по технологической карте составляет 23 дня.

4.2.2. Подсчёт объёмов монтажных и вспомогательных работ

Подсчёт объёмов монтажных и вспомогательных работ

Таблица 4.8

№	Наименование конструктивных элементов и строительных процессов	Единицы измерения	Количество на всё здание	Примечание
1	Сборка временных опор	шт.	60	—
2	Подача конструкций к месту монтажа	т	960	48 т × 20 отправочных марок
3	Подъём и установка отдельных укрупнённых блоков	шт.	30	—

4.2.3. Организация и технология выполнения работ. Выбор и обоснование методов производства монтажных работ

“Выбор метода производства монтажных работ производится на основании объёмно-планировочных и конструктивных решений здания, а также предварительно принятых способов организации строительства.”[17]

“Монтаж сборных конструкций должен выполняться с соблюдением следующих основных требований:

- последовательности монтажа, обеспечивающей устойчивость и геометрическую неизменяемость смонтированной части здания на всех стадиях производства работ;
- прочности и надёжности монтажных соединений;
- комплектности установки конструкций каждого участка (яруса, блока), позволяющей вести на смонтированной части последующие работы;
- безопасности выполнения монтажных работ.”[17]

Учитывая круглую форму здания в плане и наличие крупных металлических арок большого пролёта, при возведении каркаса и покрытия принят комбинированный метод монтажа. При этом колонны и элементы каркаса монтируются дифференцированным способом, а внешние и внутренние арки вместе с элементами вантового покрытия — комплексным способом.

“По способу ведения монтажа принят продольный метод, при котором кран движется вдоль пролёта арки. Данный метод является наиболее рациональным, поскольку обеспечивает минимальное количество стоянок крана и наикратчайшие пути его перемещения между стоянками. Это позволяет максимально эффективно использовать рабочее время крана и повысить его сменную выработку.

Кроме того, при продольном методе монтажные позиции и пути движения кранов можно выбрать оптимально, чтобы с одной стоянки кран мог устанавливать максимальное количество конструктивных элементов.”[17]

Описание технологического процесса монтажа арок

Монтаж внешних металлических арок коробчатого сечения является одним из наиболее ответственных и сложных этапов строительства крытого хоккейного стадиона. Арки представляют собой основные несущие элементы пространственной вантовой системы покрытия и воспринимают значительные нагрузки от собственного веса, снега, ветра и сейсмических воздействий.

Монтаж арок ведётся методом наращивания одновременно обеих арок в направлении от устоев к центру сооружения. Перед началом монтажа выполняются следующие подготовительные операции: завершение бетонирования фундаментов, устройство соединяющих их затяжек, прокладка временных проездов для кранов и сборка временных монтажных опор.

Каждая арка монтируется из отдельных отправочных марок длиной около 12 м и массой примерно 48 тонн. Подача и установка блоков осуществляется двумя гусеничными

кранами XCMG XGC80, оснащёнными стреловым оборудованием необходимой длины. Для внешних арок монтаж ведётся с использованием временных опор, представляющих собой решётчатые башни с размерами в плане 2×2 м. Верхняя часть каждой опоры оборудована рабочей площадкой и специальной подставкой для установки, выверки и временного крепления блоков арок.

Процесс монтажа проходит в следующей последовательности. Сначала на опорные узлы устоев устанавливаются и привариваются опорные блоки арок. Далее блоки последовательно наращиваются от устоев к центру. Каждый новый блок устанавливается на монтажные опоры в положение, близкое к проектному, тщательно выверяется в плане и по высоте с помощью геодезических приборов и временно закрепляется. После выверки блок приваривается к ранее смонтированной части арки. Монтажные соединения блоков — сварные. Каждый блок имеет один заводской фланец и один свободный торец с разделанными под сварку кромками. Соединение выполняется приваркой свободных кромок коробчатого сечения к фланцевому листу толщиной 40 мм.

В связи с ограниченным доступом к стыкам и сложностью пространственных положений на объекте применяется ручная дуговая сварка электродами Э42. Все сварные швы подвергаются 100%-ному ультразвуковому контролю дефектоскопом ДУК-66П, а выборочно — гамма-просвечиванию дефектоскопом «Стапель-5».

После завершения монтажа арок, ферм и связей между ними выполняется ответственная операция — раскружаливание арок. Наружный контур арок раскружаливается без особых сложностей, поскольку расчётные вертикальные деформации составляют всего несколько миллиметров. Две арки внутреннего контура, конструктивно связанные между собой фермами и связями, раскружаливаются одновременно. Для этой цели используются 16 гидравлических домкратов ручного действия грузоподъёмностью по 100 т каждый, установленных на четырёх парах. Раскружаливание производится ступенями. На каждой ступени домкраты воспринимают нагрузку от арок, создаётся зазор 1 мм, удаляется одна прокладка, после чего арка опускается на толщину прокладки плюс 1 мм.

Весь технологический процесс монтажа арок организован таким образом, чтобы обеспечить высокую точность геометрических параметров, качество сварных соединений и безопасность производства работ. Постоянный геодезический контроль, многоступенчатый операционный контроль качества и чёткое соблюдение технологической последовательности позволяют достичь требуемых проектных характеристик несущей системы покрытия.

4.2.4. Требования к качеству и приемке работ

Качество монтажа внешних металлических арок является одним из определяющих факторов надёжности и долговечности всего покрытия стадиона. Поэтому в технологической карте разработана подробная система контроля качества, которая охватывает все этапы выполнения работ — от поступления конструкций на площадку до окончательной приёмки смонтированных арок.

Контроль качества осуществляется в три основные стадии:

Входной контроль проводится при поступлении отправочных марок арок на строительную площадку. Проверяется наличие паспортов завода-изготовителя, соответствие геометрических размеров и массы проектным значениям, а также состояние антикоррозионного покрытия. Конструкции, имеющие вмятины, деформации, повреждения защитного покрытия или несоответствие марки стали, к монтажу не допускаются.

Операционный контроль выполняется непосредственно в процессе монтажа. Особое внимание уделяется точности установки блоков арок на временные опоры, соблюдению проектных зазоров, вертикальности и соосности конструкций. Геодезический контроль ведётся на каждом этапе: после установки блока, после временного закрепления и после сварки стыка. Допустимые отклонения по высоте опорных узлов не должны превышать 8 мм, а смещение осей блоков относительно проектного положения — 12 мм.

Особые требования предъявляются к сварочным работам. Все монтажные соединения блоков арок выполняются ручной дуговой сваркой. Перед началом сварки проверяется подготовка кромок, чистота поверхности и соответствие применяемых электродов проектным. После завершения каждого шва проводится внешний осмотр, а все сварные швы в обязательном порядке подвергаются 100%-ному ультразвуковому контролю дефектоскопом ДУК-66П. Выборочно швы дополнительно проверяются методом гамма-просвечивания.

Приёмочный контроль проводится после завершения монтажа всей арки, установки ферм и связей, а также раскружаливания. При приёмке проверяется соответствие фактического положения арок проектным геометрическим параметрам, качество всех сварных соединений, отсутствие недопустимых дефектов и правильность выполнения антикоррозионной защиты в зоне монтажных стыков.

Результаты всех видов контроля фиксируются в специальных журналах монтажных и сварочных работ, актах освидетельствования скрытых работ и исполнительных геодезических схемах. Только после положительных результатов приёмочного контроля и оформления всей необходимой исполнительной документации арки считаются готовыми к дальнейшим работам по устройству кровельного покрытия.

Принятая система контроля качества позволяет обеспечить высокую точность геометрических параметров, надёжность сварных соединений и соответствие смонтированных арок проектным требованиям, что является обязательным условием безопасной и долговечной эксплуатации вантового покрытия стадиона.

Контроль качества выполняемых работ

Таблица 4.9

№	Контролируемый параметр		Объём контроля	Периодичность контроля	Метод контроля	Средства контроля, испытательное оборудование	Исполнитель	Оформление результатов контроля	
	Номинальное значение, мм	Предельное отклонение, мм							
1	Отметки опорных узлов	0	±10	Каждый узел	Постоянно	Измерительный	Нивелир, геодезическая рейка, рулетка	Мастер (прораб), геодезист	Журнал работ
2	Установка блоков арок	0	0,004 высоты блока	Каждый блок	Постоянно	Измерительный	Теодолит, стальная рулетка, уклономер. Визуально	Геодезическая служба	Журнал работ

4.2.5. Калькуляция затрат труда, машинного времени и заработной платы

“Калькуляция затрат труда, машинного времени и заработной платы на монтаж внешних металлических арок выполнена на основании ведомости объёмов работ и действующих норм и расценок ЕНиР.”[19]

Общие затраты труда на выполнение всего комплекса монтажных работ по установке внешних арок составляют 206,5 человеко-часов. В эту величину входят и затраты машинного времени, которые равны 68,23 машино-часа.

Общая стоимость данных монтажных работ с учётом заработной платы рабочих и машинистов кранов составляет 14 226 000 тенге.

Расчёт произведён с учётом массы отправочных марок 48 т, количества укрупнённых блоков — 30 шт., а также нормативных коэффициентов, отражающих условия производства работ на строительной площадке г. Алма-Аты.

Таблица 4.10

Наименование работ	Обоснование	Ед. измерения	Объём работ	Норма времени на единицу измерения, чел.-ч / маш.-ч	Затраты труда на весь объём работ, чел.-ч / маш.-ч	Расценка на единицу измерения, тг.	Стоимость затрат на весь объём работ, тг.
Установка временных опор (сборка)	E25-9-1	т	210	4,2 / 1,4	73,5 / 24,5	25 500	5 355 000
Установка временных опор (разборка)	E25-9-1	т	210	2,43 / 0,81	42,5 / 14,18	14 800	3 108 000
Подъём и установка укрупнённых блоков арок	E5-1-6	шт.	30	10,2 / 3,4	45,9 / 15,3	38 500	1 155 000
Добавка на каждую тонну	E5-1-6	т	1 440	0,88 / 0,29	160,6 / 52,93	3 200	4 608 000
Итого	—	—	—	—	206,5 / 68,23	—	14 226 000

4.2.6. Материально-технические ресурсы

Потребность в машинах, оборудовании, инструментах, инвентаре и приспособлениях приведена в таблице 4.11.

Потребность в машинах, оборудовании, инструментах, инвентаре

Таблица 4.11

№	Наименование	Тип	Марка, ГОСТ	Количество	Техническая характеристика
1	Кран монтажный	Гусеничный, оборудован монтажным гуськом	XCMG XGC80	2	Грузоподъёмность до 85 т, высота подъёма крюка до 68 м
2	Автовышка	На базе грузового шасси	АГП-22 (или аналог)	2	Высота подъёма 22 м, грузоподъёмность 300 кг
3	Траверса	—	КБ Главмосстроя 7016-17	2	Грузоподъёмность 35 т
4	Теодолит	—	T-15, ГОСТ 10529-86	1	—
5	Нивелир	—	H-10, ГОСТ 10528-76	1	—

6	Рейка нивелирная	—	РН-10, ГОСТ 11158-83	2	—
---	---------------------	---	-------------------------	---	---

4.2.7. Техничко-экономические показатели

Техничко-экономические показатели (ТЭП) характеризуют эффективность заложенных в технологической карте организационно-технических решений по монтажу внешних металлических арок крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч мест в г. Алма-Аты.

В технологической карте определены следующие основные технико-экономические показатели монтажа внешних арок:

- Объём работ — 1440 тонн (30 укрупнённых блоков арок массой по 48 тонн каждый);
- Продолжительность работ — 23 дня;
- Нормативные затраты труда рабочих (по калькуляции) — 983,20 чел.-ч в целом;
- Удельные затраты труда рабочих — 0,68 чел.-ч/т;
- Общая трудоёмкость — 122,90 чел.-дн.;
- Выработка одного рабочего в день — 62,6 т/дн.;
- Трудоёмкость установки одного блока — 0,63 чел.-дн./шт.

5. Охрана труда и техника безопасности

5.1 Общие требования по обеспечению безопасных условий труда на строительной площадке

Организация безопасных условий труда при строительстве крупного спортивного сооружения — крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест — является одним из важнейших приоритетов всего проекта. На объекте, где одновременно ведутся земляные работы, монтаж тяжёлых металлических конструкций на значительной высоте и устройство сложных инженерных систем, вопросы безопасности приобретают особую остроту.

Все работы на строительной площадке организуются и выполняются в строгом соответствии с требованиями действующего законодательства Республики Казахстан в области охраны труда, промышленной безопасности и охраны окружающей среды. На объекте разработана и внедрена комплексная система управления охраной труда, которая включает в себя профилактические меры, постоянный контроль, обучение персонала и оперативное реагирование на любые отклонения от норм безопасности.

Особое внимание уделяется созданию безопасной производственной среды ещё на стадии подготовки к строительству. Это включает разработку детальных инструкций по охране труда для каждого вида работ, назначение ответственных лиц, организацию

регулярных инструктажей и обучение всех работников, включая субподрядные организации. На площадке действует многоуровневая система контроля: ежедневные осмотры рабочих мест инженером по технике безопасности, еженедельные проверки руководством и периодические аудиты со стороны специализированных служб.

Такая системная работа позволяет не только минимизировать риски травматизма, но и формировать у всех участников строительства осознанное отношение к вопросам собственной безопасности и безопасности коллег.

5.2 Мероприятия по обеспечению безопасности при выполнении основных видов работ

На строительной площадке крытого хоккейного стадиона реализован целый комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на снижение рисков при выполнении наиболее опасных и трудоёмких процессов.

Особое внимание уделяется безопасности при проведении земляных работ и устройстве фундаментов. Разработка котлована большой глубины выполняется только после утверждения схемы производства работ, установки ограждений и устройства систем водоотвода. В зоне работы экскаваторов и бульдозеров строго запрещается нахождение людей. Все машины и механизмы оснащены современными средствами сигнализации и видеоконтроля.

При монтаже металлического каркаса, арок и вантовой системы покрытия применяются проверенные технологические карты, в которых подробно описаны схемы строповки, последовательность сборки и временного закрепления конструкций. Монтаж тяжёлых блоков арок массой около 48 тонн ведётся только при наличии утверждённых схем перемещения грузов и под непосредственным руководством ответственного инженера. В зоне монтажа устанавливаются временные ограждения и вывешиваются предупреждающие знаки. Запрещается нахождение людей под поднимаемыми и монтируемыми конструкциями до их полной фиксации.

Все работы на высоте (монтаж арок, установка вант, кровельные работы) выполняются с обязательным применением страховочных систем, анкерных устройств и средств коллективной защиты. Монтажники, допускаемые к таким работам, прошли специальное обучение и имеют соответствующие удостоверения. При неблагоприятных погодных условиях (сильный ветер, гололёд, обильные осадки) работы на высоте приостанавливаются.

На объекте организован ежедневный контроль за состоянием рабочих мест, исправностью грузоподъёмных механизмов, качеством средств индивидуальной защиты и

соблюдением технологической дисциплины. Все выявленные нарушения немедленно фиксируются и устраняются до возобновления работ.

5.3 Безопасность труда при работе на высоте и при монтаже металлических конструкций

Монтаж внешних и внутренних арок, а также установка вантовой системы покрытия относятся к работам повышенной опасности, поскольку выполняются на значительной высоте (до 26,08 м) и связаны с перемещением тяжёлых конструкций массой до 48 тонн.

Для обеспечения безопасности на этих этапах разработан и строго соблюдается специальный комплекс мероприятий. Все монтажники, допускаемые к работе на высоте, прошли обязательное обучение, проверку знаний и имеют соответствующие удостоверения. Перед началом каждой смены проводится целевой инструктаж с росписью в журнале.

При монтаже арок обязательно применяются сертифицированные средства индивидуальной защиты: страховочные привязи с амортизаторами, каски с подбородочными ремнями, нескользящая обувь и перчатки. На рабочих местах устанавливаются временные ограждения, страховочные канаты и анкерные устройства. Запрещается нахождение людей непосредственно под поднимаемыми и монтируемыми блоками до их полной фиксации и выверки.

Работы на высоте приостанавливаются при скорости ветра более 10 м/с, во время гололёда, сильного дождя или снегопада. В таких случаях на объекте вводится режим повышенной готовности, и все работники выводятся из опасных зон.

Особое внимание уделяется организации безопасной строповки и перемещения крупногабаритных блоков арок. Для этих целей используются специально разработанные схемы строповки, проверенные траверсы и грузозахватные приспособления. Монтаж ведётся только под руководством ответственного инженера-монтажника и при обязательном присутствии сигнальщика, имеющего устойчивую радиосвязь с крановщиком.

5.4 Пожарная безопасность, средства индивидуальной защиты и контроль за состоянием охраны труда

Пожарная безопасность на строительной площадке крупного спортивного сооружения требует особого внимания из-за большого количества сварочных работ, применения горючих материалов и наличия высотных монтажных операций. На объекте

разработана и строго соблюдается комплексная система пожарной профилактики, которая включает организационные, технические и контрольные мероприятия.

На всей территории строительной площадки установлены первичные средства пожаротушения (огнетушители, пожарные щиты, ящики с песком), обозначены маршруты эвакуации и места сбора персонала при возникновении чрезвычайной ситуации. Особый контроль ведётся за соблюдением правил пожарной безопасности при проведении огневых работ (сварка, резка металла). Перед началом таких работ оформляется наряд-допуск, место проведения очищается от горючих материалов, а рядом обязательно находятся средства пожаротушения и дежурный с огнетушителем.

Каждый работник на объекте обеспечен необходимым комплектом средств индивидуальной защиты в соответствии с видом выполняемых работ. В обязательный набор входят защитные каски, специальная одежда, обувь с металлическим носком, перчатки, очки или щитки, а при работе на высоте — страховочные привязи с амортизаторами. Выдача, учёт и своевременная замена средств индивидуальной защиты ведётся инженером по охране труда и фиксируется в специальных журналах.

На строительной площадке действует многоуровневая система контроля за состоянием охраны труда. Ежедневно инженер по технике безопасности проводит обходы рабочих мест, проверяет соблюдение требований безопасности, правильность применения СИЗ и состояние временных ограждений. Еженедельно проводятся совещания с руководителями участков и бригадами, на которых анализируются выявленные нарушения и принимаются меры по их устранению. Все случаи нарушений, предписания и меры, принятые по их устранению, фиксируются в журналах и актах.

Такая системная работа по обеспечению пожарной безопасности, правильному применению средств индивидуальной защиты и постоянному контролю позволяет поддерживать высокий уровень охраны труда на объекте и минимизировать риски возникновения несчастных случаев и аварийных ситуаций.

5.5 Безопасность при эксплуатации грузоподъёмных кранов и механизмов

Монтаж основных несущих конструкций стадиона (арок, колонн, ферм и вантовой системы) осуществляется с помощью мощных гусеничных кранов XCMG XGC80, что делает безопасность эксплуатации грузоподъёмных механизмов одним из самых ответственных направлений охраны труда на объекте.

Все краны, используемые на строительной площадке, имеют действующие разрешения на применение, прошли своевременное техническое освидетельствование и оснащены современными системами безопасности (ограничители грузоподъёмности, высоты подъёма, вылета стрелы, приборы контроля крена и ветровой нагрузки).

Крановщики и стропальщики прошли специальное обучение и имеют соответствующие удостоверения.

Перед началом каждой смены ответственный инженер-монтажник совместно с крановщиком проводит осмотр крана, проверяет исправность всех механизмов, приборов безопасности и строповочного оборудования. Результаты осмотра фиксируются в журнале предсменного контроля.

Особые требования предъявляются к организации строповки и перемещения тяжёлых блоков арок массой около 48 тонн. Для каждой операции разрабатывается и утверждается схема строповки с указанием точек крепления, типа траверс и последовательности операций. Перемещение груза разрешается только после получения сигнала от сигнальщика, имеющего устойчивую радиосвязь с крановщиком.

Запрещается:

- поднимать груз при скорости ветра более 10 м/с;
- перемещать груз над людьми или рабочими местами;
- оставлять груз в подвешенном состоянии без присмотра;
- использовать кран при неполном вылете опор или на неподготовленном основании.

В зоне работы кранов устанавливается чётко обозначенная опасная зона, ограждённая сигнальными лентами и предупреждающими знаками. На период подъёма и монтажа особо тяжёлых элементов доступ посторонних лиц в опасную зону полностью запрещён.

На объекте ведётся строгий учёт всех грузоподъёмных операций. Каждый подъём и перемещение крупногабаритных конструкций фиксируется в специальном журнале. Регулярно проводятся инструктажи и тренировочные занятия с крановщиками и стропальщиками по отработке действий в нештатных ситуациях.

Такой комплексный подход к организации безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов и механизмов позволяет минимизировать риски, связанные с одной из самых опасных операций на строительстве стадиона, и обеспечить высокий уровень производственной безопасности.

5.5 Экологическая безопасность и охрана окружающей среды при производстве работ

Строительство крупного спортивного объекта в центре Алматы требует не только соблюдения требований охраны труда, но и строгого контроля за воздействием на окружающую среду. На всей территории строительной площадки реализован комплекс мероприятий по минимизации негативного влияния на почву, атмосферный воздух,

поверхностные и грунтовые воды, а также на растительный и животный мир прилегающей территории.

Особое внимание уделяется предотвращению загрязнения почвы и грунтовых вод. Все земляные работы выполняются с максимальным сохранением плодородного слоя, который складывается в специально отведённом месте и в дальнейшем используется для рекультивации территории. Топливо и горюче-смазочные материалы хранятся только в оборудованных контейнерах с поддонами, исключающими пролив на грунт. Строительные отходы сортируются по видам и вывозятся лицензированными организациями на специализированные полигоны.

Для снижения пылевых выделений при разработке котлована и вертикальной планировке регулярно проводится увлажнение грунта. На границах строительной площадки установлены ветрозащитные экраны и зелёные насаждения, которые уменьшают распространение пыли на прилегающую жилую застройку. Транспортные средства перед выездом с площадки проходят обязательную мойку колёс.

В период проведения сварочных и огневых работ строго контролируется выброс вредных веществ в атмосферу. Все генераторы и строительная техника оснащены современными системами нейтрализации выхлопных газов. На объекте ведётся постоянный мониторинг уровня шума и вибрации, особенно в ночное время и вблизи жилых домов.

После завершения основных строительно-монтажных работ будет проведена полная рекультивация территории: восстановление нарушенного почвенного покрова, озеленение, устройство газонов и посадка деревьев в рамках компенсационного озеленения. Таким образом, реализация проекта не только не ухудшит экологическую обстановку в центральной части Алматы, но и в перспективе улучшит её за счёт создания современного благоустроенного спортивно-рекреационного пространства.

6. Экономика строительства

6.1. Общие данные

В настоящем разделе дипломного проекта составлены локальные сметные расчёты, объектная смета и сводный сметный расчёт стоимости строительства. “Стоимость, определяемая локальными сметами и локальными сметными расчётами, включает в себя прямые затраты, накладные расходы и сметную прибыль.”[20]

Сметная стоимость строительства представляет собой сумму денежных средств, необходимых для его осуществления в соответствии с проектными материалами.

Для определения сметной стоимости строительства применён базисно-индексный метод, который основан на использовании системы текущих и прогнозных индексов по

отношению к стоимости, определённой в базисном уровне цен. Приведение базисной стоимости к уровню текущих (прогнозных) цен осуществляется путём перемножения базисной стоимости на соответствующие индексы по видам работ и элементам затрат.

Сметная документация составлена в текущих (прогнозных) ценах по состоянию на II квартал 2026 года.

6.2. Техничко-экономическая оценка и анализ эффективности проектных решений

Анализ эффективности принятых проектных решений проводится на основе технико-экономических показателей, полученных по всем основным разделам дипломного проекта.

Главная цель этой оценки — наглядно подтвердить техническую и экономическую целесообразность выбранных объёмно-планировочных, конструктивных, технологических и организационных решений при строительстве крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч мест в городе Алма-Аты.

Технико-экономические показатели по проекту

Таблица 5.1

№ п.п.	Наименование показателей	Ед. изм.	Проектный вариант
1	Мощность, пропускная способность	чел.	25 000
2	Общая площадь земельного участка	м ²	87 500
3	Площадь застройки	м ²	42 600
4	Общая площадь здания	м ²	48 500
5	Полезная площадь здания	м ²	46 200
6	Площадь технических помещений	м ²	23 700
7	Строительный объём	м ³	620 000
8	Общая трудоёмкость	чел.-ч	22 721,72
9	Продолжительность строительства	дней	456
10	Общая стоимость строительства	тыс. тенге	5 937 215
11	Стоимость строительно-монтажных работ	тыс. тенге	2 856 419

6.3. Расчет договорной цены

Определение договорной цены на строительство крытого хоккейного стадиона на 25 000 мест в городе Алма-Аты является завершающим этапом экономического раздела проекта. Договорная цена формируется на основе утверждённой сметной стоимости и учитывает реальные условия рынка, риски подрядной организации и требования заказчика к качеству и срокам выполнения работ.

В настоящем проекте для расчёта договорной цены был выбран метод компенсирующих издержек. Этот метод позволяет наиболее точно отразить все фактические затраты подрядчика, включая прямые и косвенные расходы, налоги, накладные расходы, сметную прибыль, а также возможные риски, связанные с инфляцией,

изменением цен на материалы и оборудование, сейсмическими условиями строительства и стеснённой площадки в центре города.

В состав договорной цены включены:

- сметная стоимость строительно-монтажных работ, определённая по локальным и объектным сметам;
- затраты на временные здания и сооружения;
- дополнительные затраты, связанные с производством работ в зимний период;
- расходы на страхование строительных рисков и ответственность подрядчика;
- средства на покрытие непредвиденных расходов и инфляционных процессов;
- нормативная прибыль подрядной организации, обеспечивающая её устойчивое развитие.

При формировании окончательной договорной цены были учтены результаты конкурсных процедур и текущая рыночная конъюнктура на строительные материалы и услуги в Алма-Аты. Особое внимание уделялось дисконтированию платежей во времени, поскольку финансирование строительства предполагается поэтапным. Это позволило учесть временную стоимость денег и снизить финансовую нагрузку на заказчика в начальный период строительства.

В результате проведённых расчётов договорная цена строительства крытого хоккейного стадиона составила 6 284 750 тыс. тенге (с НДС). Данная цена обеспечивает полное покрытие всех обоснованных затрат подрядчика, получение им нормативной прибыли и одновременно остаётся экономически привлекательной для заказчика.

Принятая договорная цена зафиксирована в договоре подряда и служит основой для расчётов между заказчиком и генеральным подрядчиком на всех этапах строительства. Она учитывает интересы обеих сторон и создаёт условия для качественного и своевременного выполнения работ.

Заключение

В дипломном проекте разработаны проектные решения по строительству крытого хоккейного стадиона на 25 тысяч мест в городе Алма-Аты.

В процессе выполнения дипломного проекта была обоснована высокая актуальность строительства современного многофункционального крытого хоккейного стадиона в южной столице Республики Казахстан — городе Алма-Аты.

В проекте приняты рациональные объёмно-планировочные решения, обеспечивающие высокий уровень комфорта для зрителей и спортсменов, современная конструктивная схема здания с применением металлических арок коробчатого сечения и вантовой системы покрытия, эффективные методы организации и производства монтажных работ с использованием кранов XCMG XGC80, а также экономически обоснованная сметная стоимость строительства.

Технико-экономические показатели проекта (строительный объём 620 000 м³, общая площадь 48 500 м², продолжительность строительства 234 календарных дня, сметная стоимость 5 937 215 тыс. тенге) подтверждают техническую возможность и экономическую целесообразность принятых решений.

Разработанный дипломный проект соответствует современным нормативным требованиям Республики Казахстан, обладает высокой степенью новизны и практической значимости и может быть рекомендован к реализации при строительстве крытого хоккейного стадиона в г. Алма-Аты.

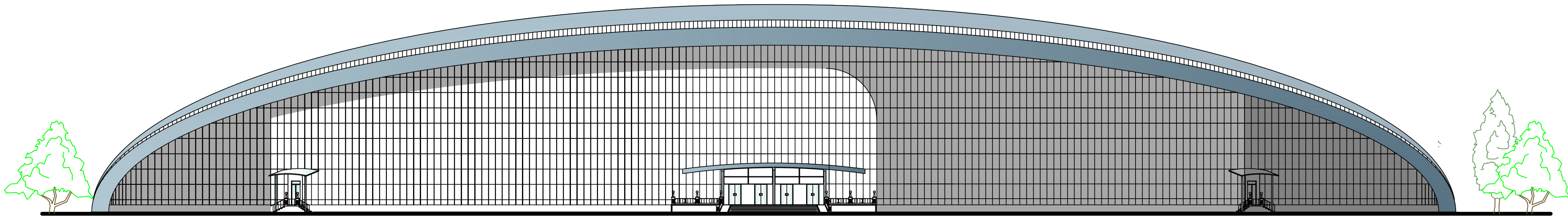
Список используемой литературы

1. СП РК 2.04-01-2017. Строительная климатология. — Астана, 2017.
2. СП РК 2.02-01-2020. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
3. СП РК 3.02-43-2016. Спортивные сооружения. Нормы проектирования.
4. СП РК EN 1993-1-1:2010. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий.
5. СП РК 2.03-30-2017. Строительство в сейсмических районах.
6. СП РК 3.02-118-2013. Закрытые спортивные залы.
7. СП РК 5.01-102-2013. Основания зданий и сооружений.
8. СН РК 2.04-07-2022. Тепловая защита зданий.
9. СП РК 4.01-02-2017. Внутренний водопровод и канализация зданий.
10. СП РК 4.02-01-2017. Электроустановки зданий и сооружений. Нормы проектирования.
11. СП РК 4.02-02-2017. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
12. СП РК 4.03-01-2017. Слаботочные системы. Нормы проектирования.
13. СП РК EN 1991-1-3:2010. Воздействия на конструкции. Часть 1-3. Снеговые нагрузки.
14. ГОСТ 3241-91. Канаты стальные. Технические условия.
15. Киселёв В.А. Расчёт вантовых покрытий. — М.: Издательство АСВ, 2018.
16. СТО АСЧМ 20-93. Двутавры стальные сварные с параллельными гранями полок.
17. СП РК 1.03-00-2011. Организация строительства.
18. СП РК 1.03-01-2011. Геодезические работы в строительстве.
19. ЕНиР. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы.
20. Методические рекомендации по определению стоимости строительства в Республике Казахстан. — Астана, 2023.
21. СП РК 1.03-02-2011. Порядок определения стоимости строительства в Республике Казахстан.
22. СП РК 3.02-04-2021. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения.
23. СП РК 1.03-03-2014. Охрана труда в строительстве.
24. СП РК EN 1991-1-4:2010. Воздействия на конструкции. Часть 1-4. Ветровые нагрузки.
25. СП РК 2.01-19-2017. Защита строительных конструкций от коррозии.

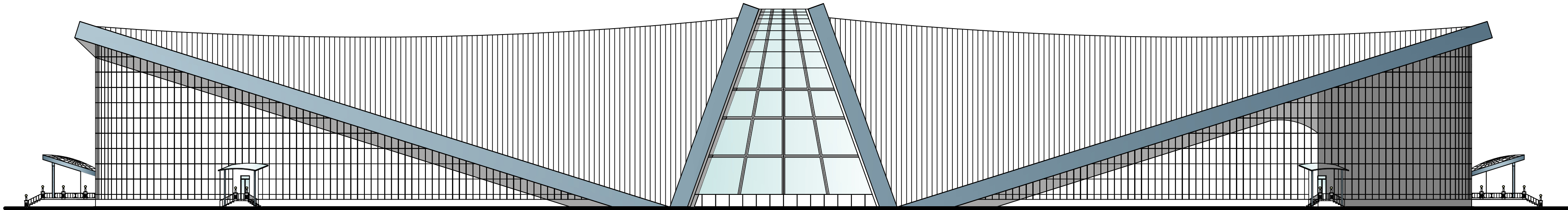
26. СП РК 3.02-05-2019. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.
27. СП РК 5.01-103-2013. Бетонные и железобетонные конструкции.
28. СП РК 1.02-01-2017. Инженерно-геологические изыскания для строительства.
29. СП РК 1.03-04-2014. Охрана окружающей среды при производстве строительных работ.
30. Методические указания по разработке проектов производства работ (ППР). — Астана, 2022.
31. СТО РК 1124-2018. Вантовые конструкции покрытий зданий и сооружений. Правила проектирования и монтажа.

Крытый стадион на 25 тысяч человек в г. Алма-Аты

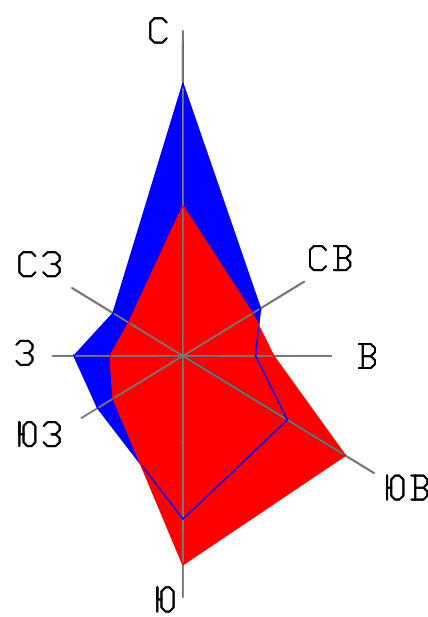
Фасад в осях А - ВВ



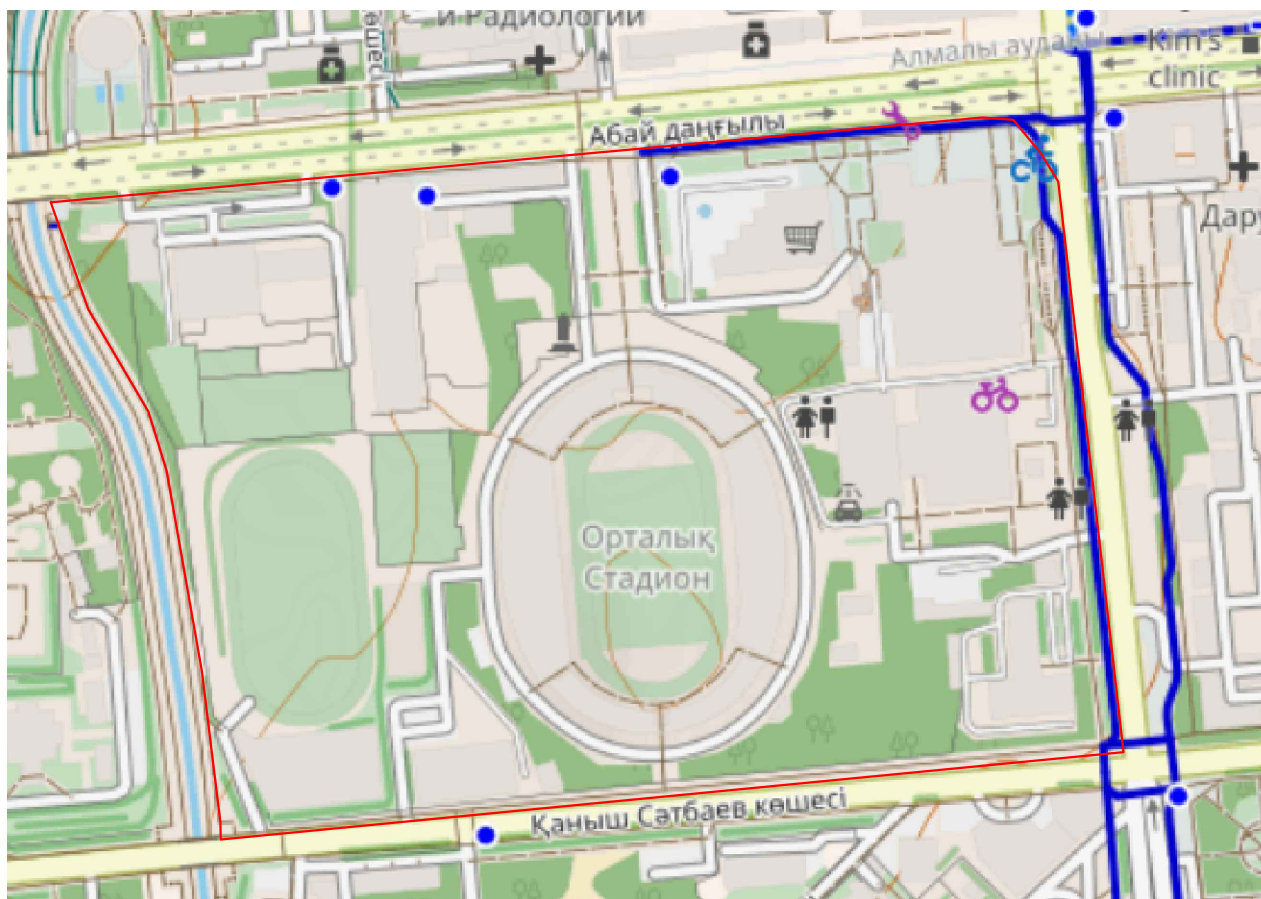
Фасад в осях 1 - 26



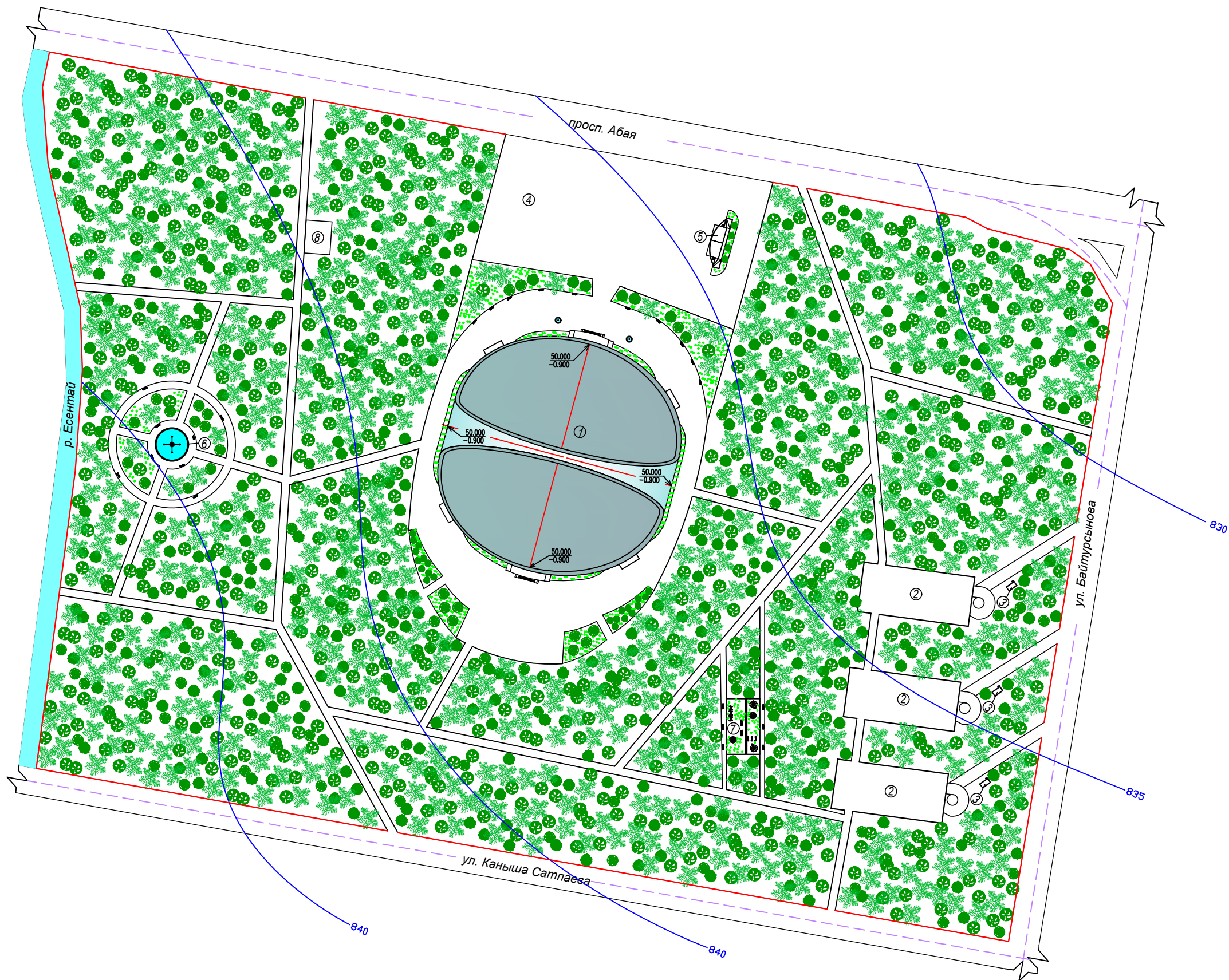
Роза ветров



Ситуационный план М1:4000



Генеральный план М1:2000



Экспликация зданий и сооружений

- 1. Проектируемое здание
- 2. Многоуровневая парковка на 350 машин
- 3. Контрольно-пропускной пункт
- 4. Площадь для культурно-массовых мероприятий
- 5. Сцена
- 6. Фонтан Ø 21 м
- 7. Детская площадка
- 8. Площадка для забора мусора с мусорными контейнерами

Условные обозначения

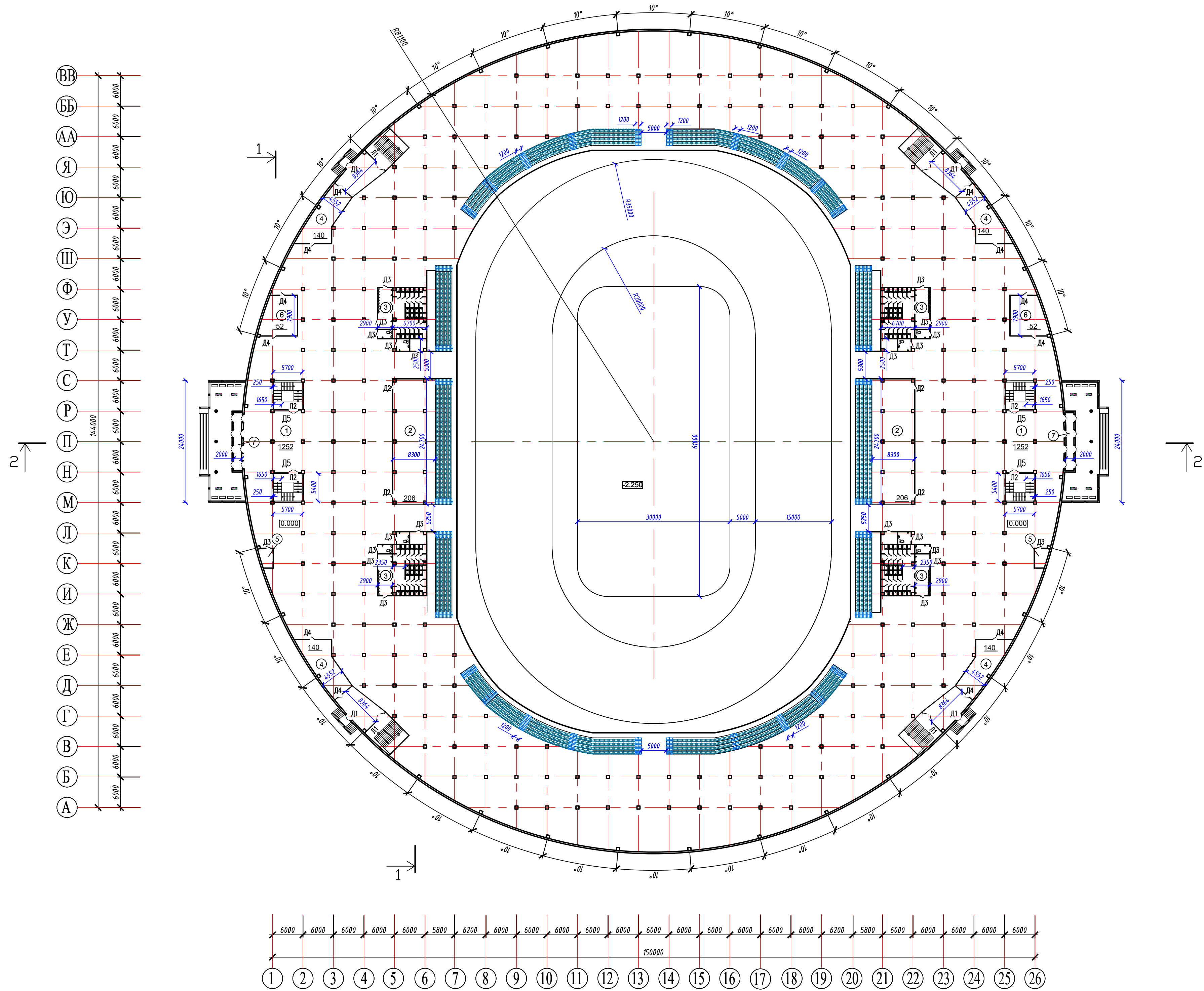
- проектируемое здание
- ограждение
- скамья
- скамьи со столом
- деревья
- травосмесь газонная
- кустарник

Технико-экономические показатели

N п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Кол-во
1.	Площадь участка	м²	240000,0
2.	Площадь застройки	м²	38000,0
3.	Площадь озеленения	м²	150000,0
4.	Площадь покрытия	м²	52000,0
5.	Коэффициент застройки		0,158
6.	Коэффициент озеленения		0,625
7.	Коэффициент покрытия		0,217

						Крытый стадион на 25 тысяч человек в г. Алма-Аты		
Изм.	Кол.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Архитектурно - строительный раздел	Стадия	Лист
Руководитель		Алимбаев Б.А.					ДП	1
Студент		Бобровский Е.С.				Фасады, Генеральный план, Ситуационный план, ТЭП	Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации	
								3

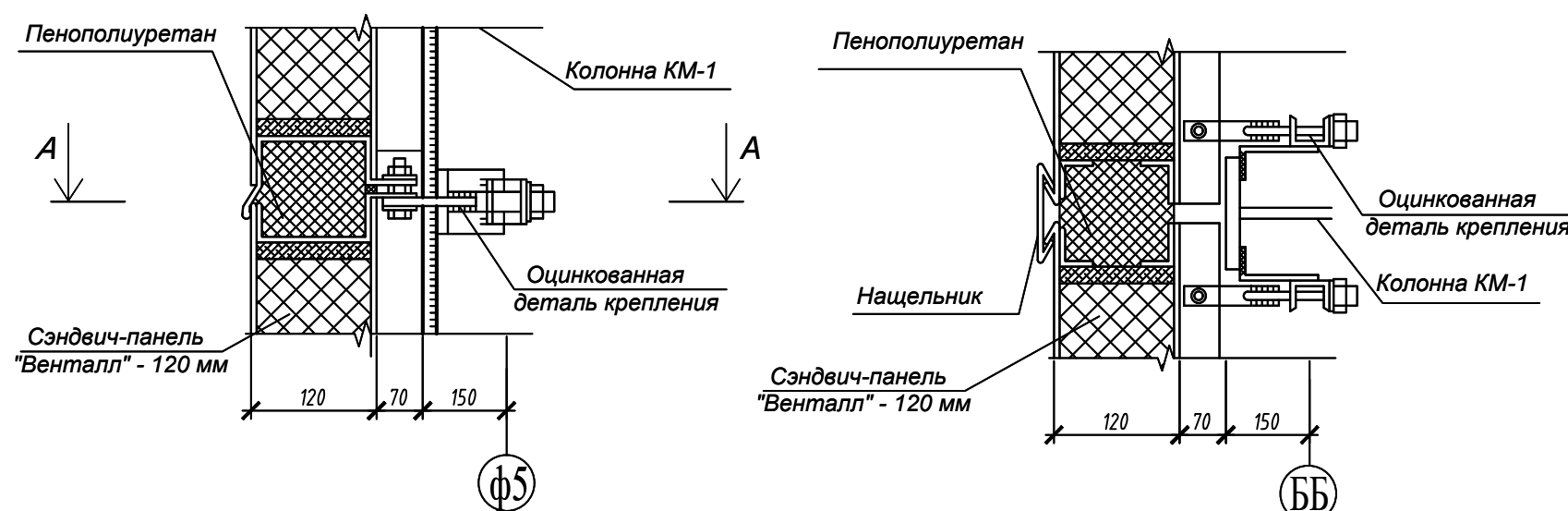
План первого этажа (отм. 0,000)



Экспликация помещений
первого этажа (отм. 0,000)

№ помеще-ния	Наименование	Площадь, м²	Кат. помеще-ния
1	Вестибюль	2504	
2	Гардероб (общий)	412	
3	Санузлы	256	
4	Буфет	560	
5	Билетные кассы	16	
6	Помещение охраны	104	
7	Тамбур входной	60	

4

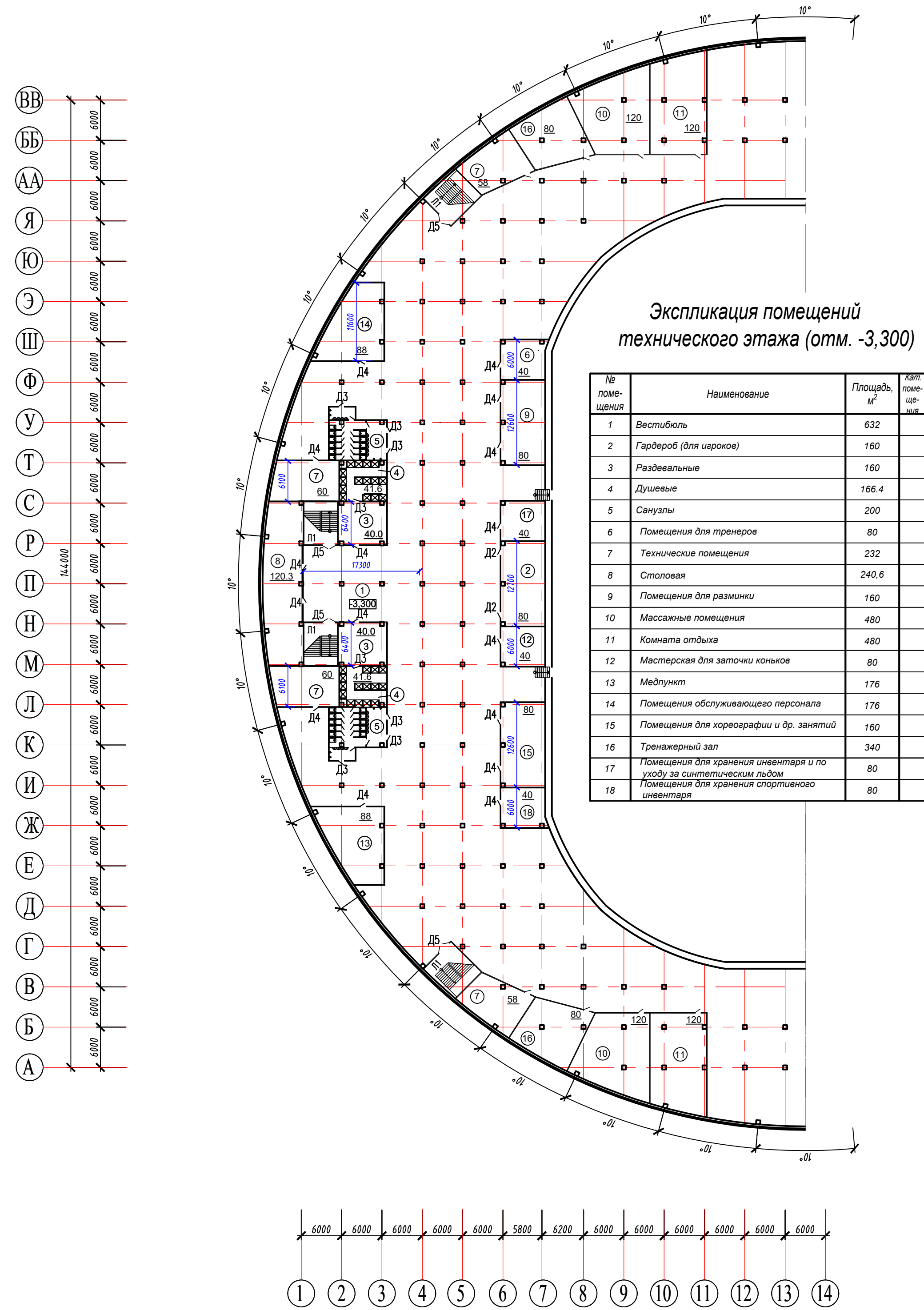


Вид А - А

Схема конструкции синтетического льда

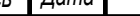
Синтетическое покрытие (термопласт, эластомер)
Выравнивающая бетонная стяжка - 30 мм
Слой гидроизоляции (рубероид)
Слой теплоизоляции (плита теплоизоляционная МП100 - 120 мм)
Слой гидроизоляции (рубероид)
Выравнивающая цементная стяжка М100 - 30 мм
Монолитная железобетонная плита - 200 мм
Основание - утрамбованный щебнем грунт

План технического этажа (отм. -3,300)



Экспликация помещений
технического этажа (отм. -3,300)

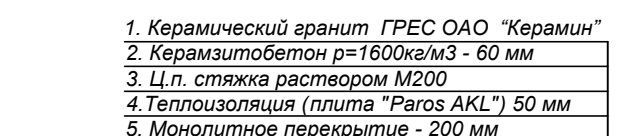
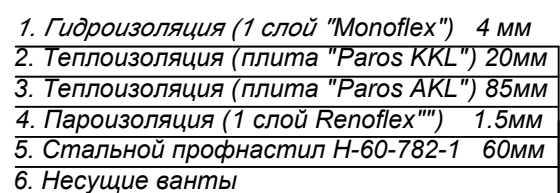
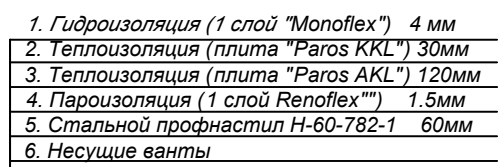
№ помеще-ния	Наименование	Площадь, м²	Кат. помеще-ния
1	Вестибюль	632	
2	Гардероб (для игроков)	160	
3	Раздевалочные	160	
4	Душевые	166,4	
5	Санузлы	200	
6	Помещения для тренировок	80	
7	Технические помещения	232	
8	Столовая	240,6	
9	Помещения для разминки	160	
10	Массажные помещения	480	
11	Комната отдыха	480	
12	Мастерская для заточки коньков	80	
13	Медпункт	176	
14	Помещения обслуживающего персонала	176	
15	Помещения для хореографии и др. занятий	160	
16	Тренажерный зал	340	
17	Помещения для хранения инвентаря и по уходу за синтетическим льдом	80	
18	Помещения для хранения спортивного инвентаря	80	

						Крытый стадион на 25 тысяч человек в г. Алма-Аты			
Изм.	Коп.	Лист	№ док.	Подпись	Дата				
Руководитель		Алимбаев Б.А.				Архитектурно - строительный раздел	Стадия	Лист	Листов
Студент		Бобровский Е.С.					ДП	2	3
План первого этажа. План технического этажа. Экспликация помещений. Узел 4						Казахский национальный университет водного хозяйства и иригации			

1. Керамический гранит ГРЕС ОАО "Керамин"
2. Ц.п. стяжка раствором М200 - 50 мм
3. Плита перекрытия 200 мм



1. Гидроизоляция (1 слой "Monoflex")	4 мм
2. Теплоизоляция (плита "Paros KKL")	30мм
3. Теплоизоляция (плита "Paros AKL")	120мм
4. Пароизоляция (1 слой Renoflex™)	1.5мм
5. Стальной профнастил Н-60-782-1	60мм
6. Несущие ванны	

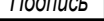


						Крытый стадион на 25 тысяч человек в г. Алма-Аты			
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Архитектурно - строительный раздел	Станд	Лист	Листов
Руководитель		Алимбаев Б.А.					ДП	3	3
Студент		Бобровский Е.С.					Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации		
						Разрезы. План кровли. Фрагмент перекрытия на отметке 0,000. Узлы 1,2,3,5			

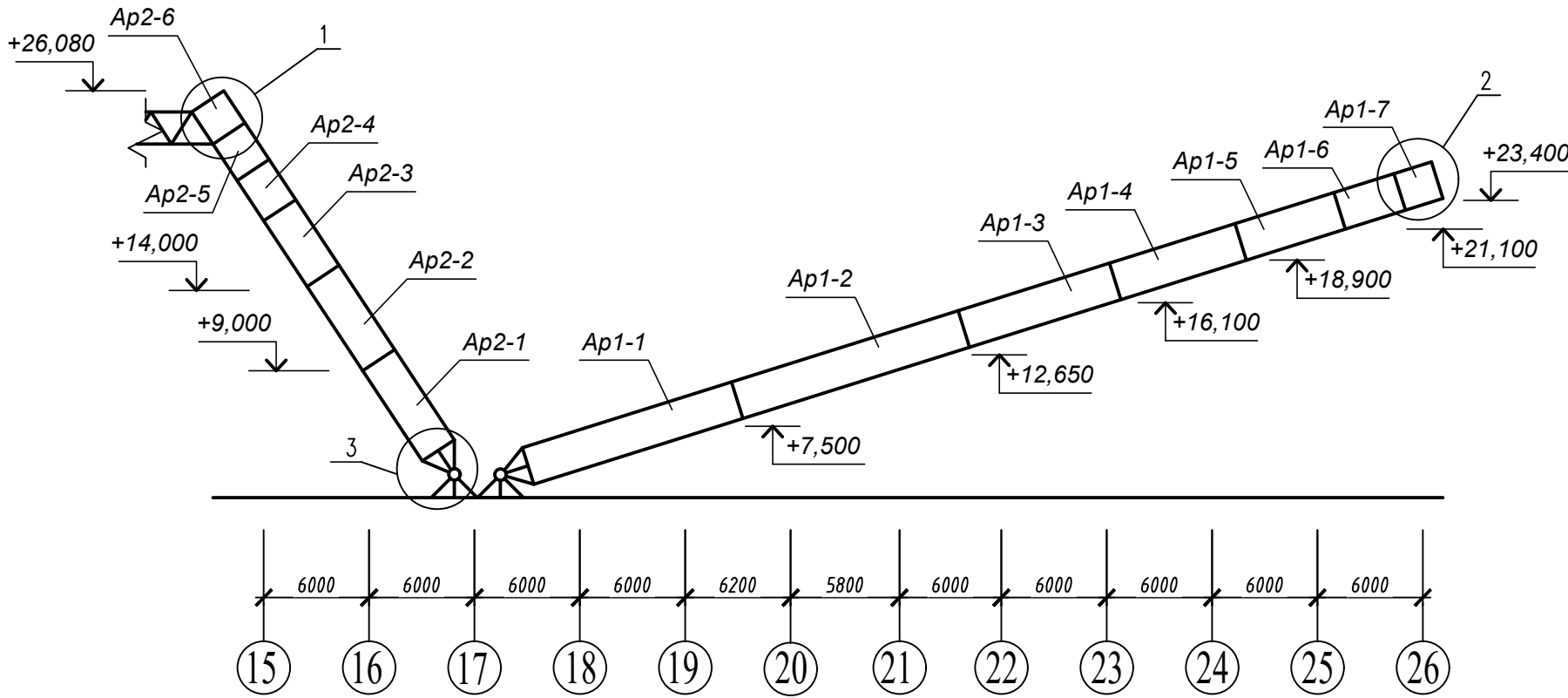


Спецификация элементов

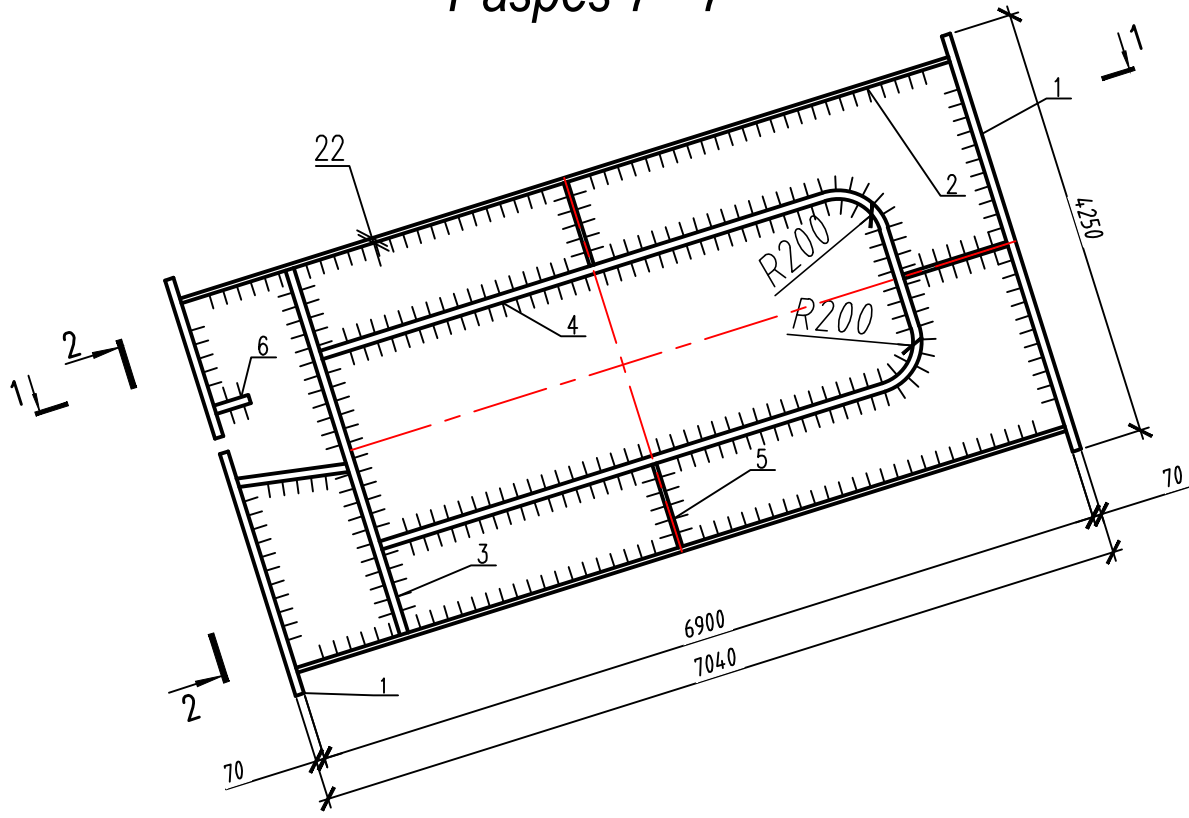
Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса, кг	Примечание
		Покрyтия			
1		Профнастил Н60-782-1 ГОСТ 4918-80	48500	11.1	м²
2	K1(1-61)	Канат ЛК Р ГОСТ 18901-73	4720	20.64	м
3	K2(1-26)	Канат ЛК Р ГОСТ 18901-73	6280	12.65	м
		Детали			
4		Штампованные накладки	2150	0.5	
5		Гайка М80-6Н.5 ГОСТ 5915-70	3120	4.7	
6		Болт в виде крючка ГОСТ 5915-70	3120	0.1	
7		Болт М14-6Н.5 ГОСТ 5915-70	9850	0.08	
8		Гайка М14-6Н.5 ГОСТ 5915-70	9850	0.06	

						Крытый стадион на 25 тысяч человек в г. Алма-Аты				
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Расчётно - конструктивный раздел	Стадия	Лист	Листов	
Руководитель Ступенд	Алимбаев Б. А. Бобровский Е С						ДП	1	3	
Монтажная схема вантового покрытия. Спецификация элементов. Узлы							Казахский национальный университет единого хозяйства и уризации			

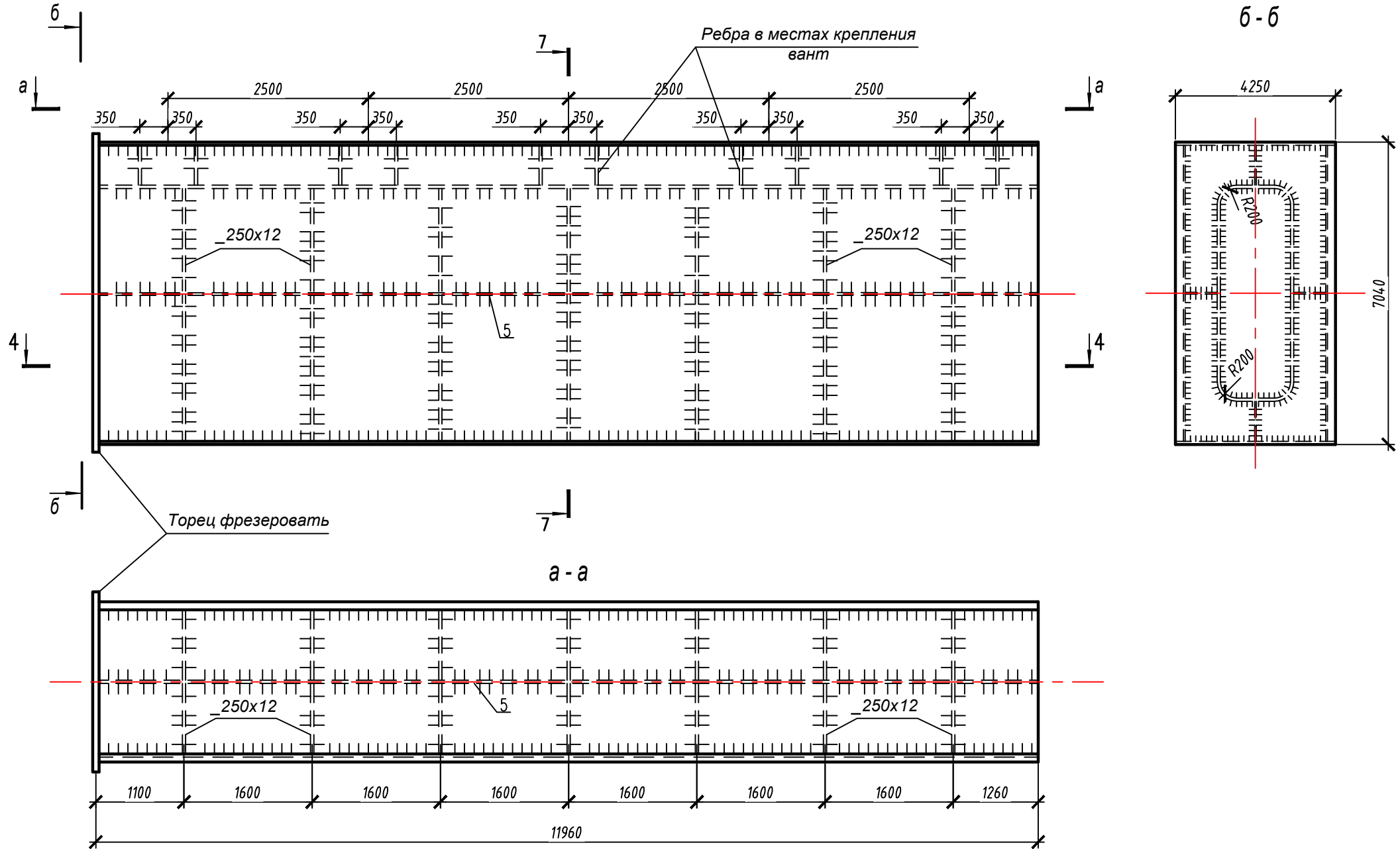
Размещение арок в осях 15 - 26



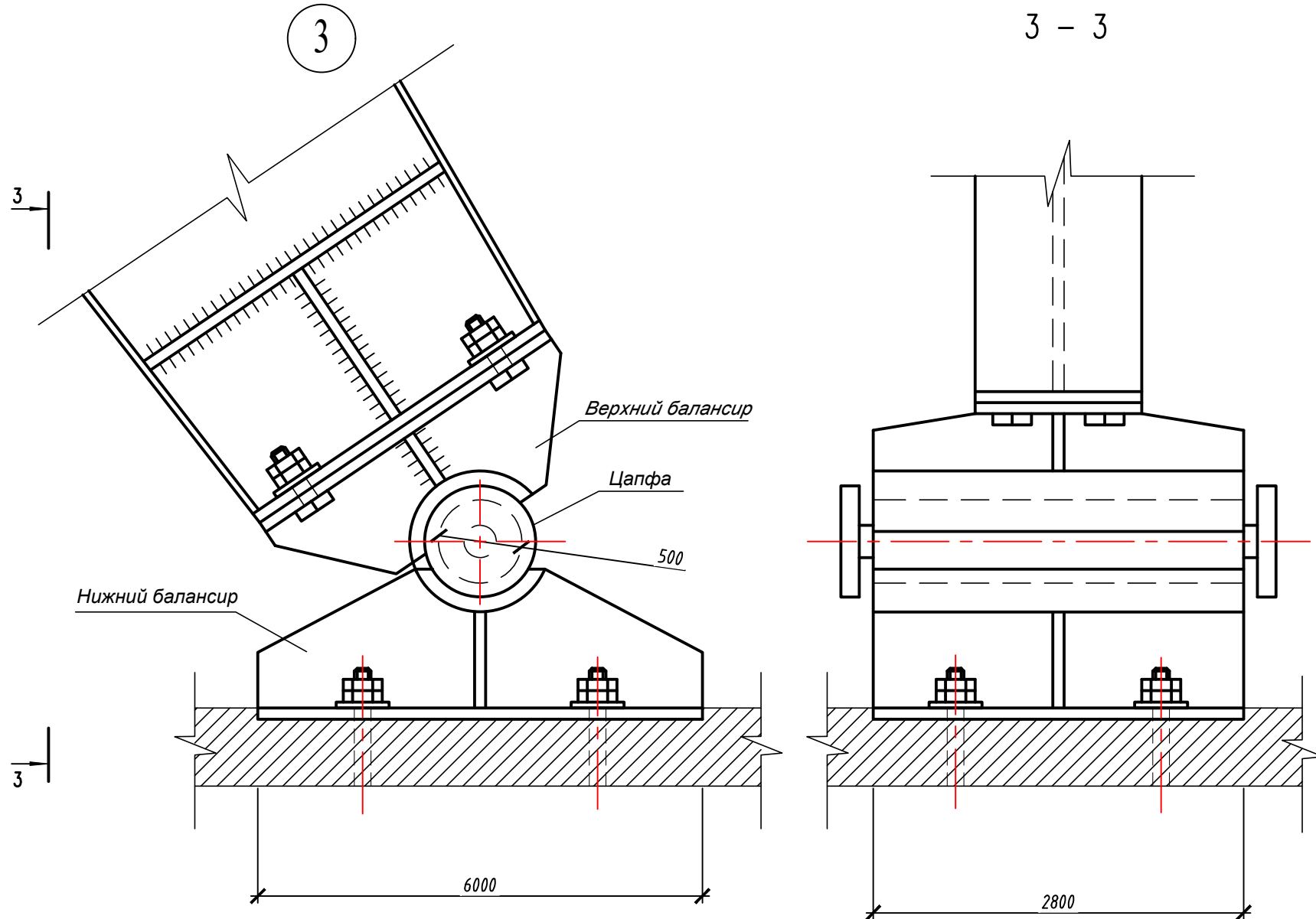
Разрез 7 - 7



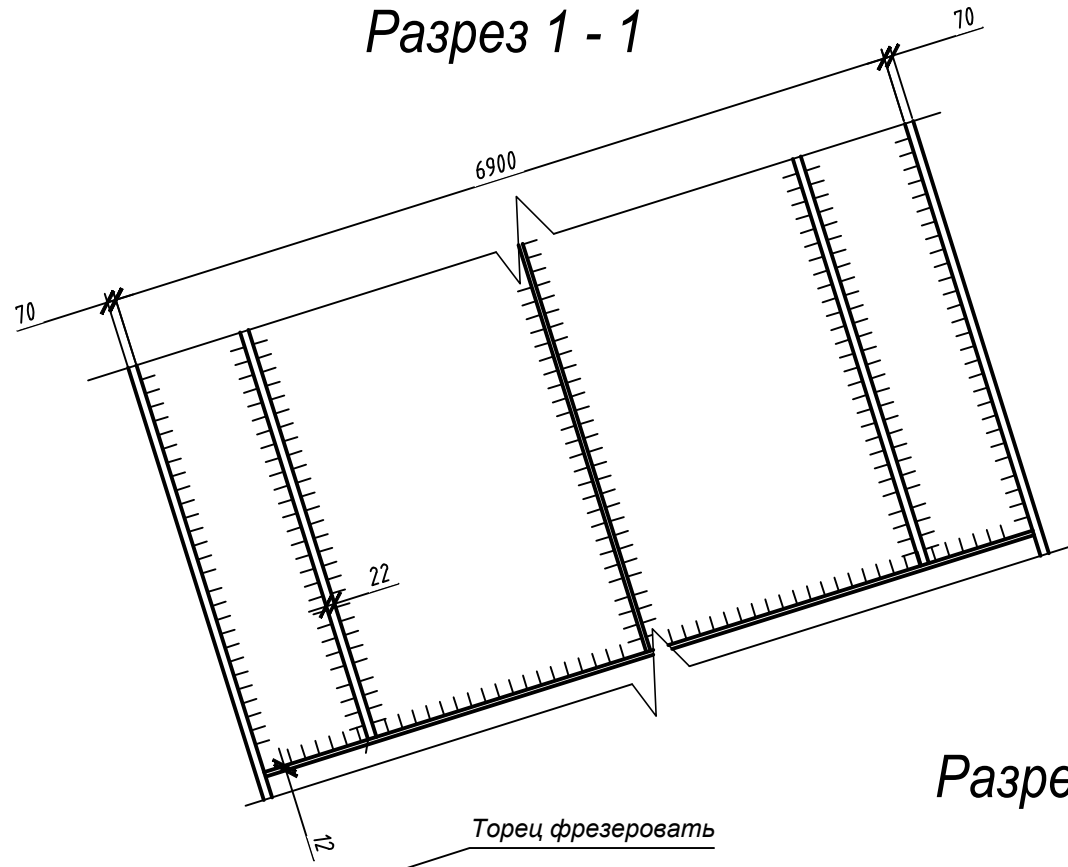
Отправочный элемент внешней арки
Блок Ар1-3



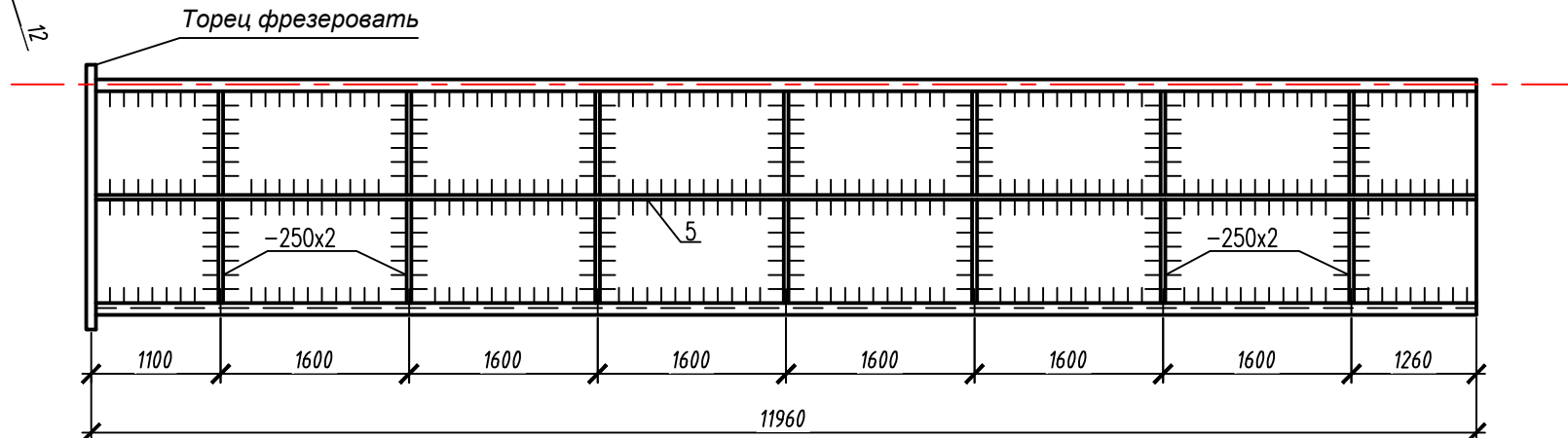
Опорная конструкция арок



Разрез 1 - 1



Разрез 4 - 4



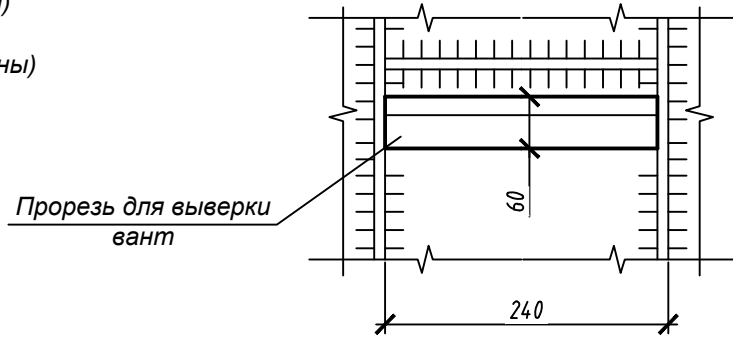
Спецификация на отправочный элемент								
Марка	Поз.	Кол., шт.		Сечение	Длина, мм	Масса, кг		Примечание
		шт.	общ.			шт.	общ.	
Блок Ар1-3	1	2		40x2200	11960	6820	13640	10Г2С1
	2	2		25x3800	11960	6120	12240	10Г2С1
	3	1		25x2000	11960	3920	3920	10Г2С1
	4	1		20x3400	11960	5120	10240	10Г2С1
	5	3		16x600	11960	1210	4840	10Г2С1
	6	4		8x50	250	3,1	25	10Г2С1

Ведомость отправочных элементов						
Марка элемента	Кол., шт.	Наименование	Масса, кг		Номер чертежа	Примечание
Блок Ар1-1	2	Блок внешней арки	48000	96000		
Блок Ар1-2	2	Блок внешней арки	48000	96000		
Блок Ар1-3	2	Блок внешней арки	48000	96000	Лист 2 РК	
Блок Ар1-4	2	Блок внешней арки	48000	96000		
Блок Ар1-5	2	Блок внешней арки	48000	96000		
Блок Ар1-6	2	Блок внешней арки	48000	96000		
Блок Ар1-7	2	Блок внешней арки	48000	96000		
Блок Ар1-8	1	Блок внешней арки	48000	48000		
Блок Ар2-1	2	Блок внутр. арки	48000	96000		
Блок Ар2-2	2	Блок внутр. арки	48000	96000		
Блок Ар2-3	2	Блок внутр. арки	48000	96000		
Блок Ар2-4	2	Блок внутр. арки	48000	96000		
Блок Ар2-5	2	Блок внутр. арки	48000	96000		
Блок Ар2-6	2	Блок внутр. арки	48000	96000		
Блок Ар2-7	1	Блок внутр. арки	48000	48000		
Итого: 1344000						
Масса метизов, кг:						
Всего по схеме: 1344000						

Условные обозначения:

- заводской шов сварного соединения - сплошной (с видимой стороны)
- заводской шов сварного соединения - сплошной (с невидимой стороны)
- монтажный шов сварной шов
- болты класса точности В
- высокопрочные болты
- сквозное отверстие

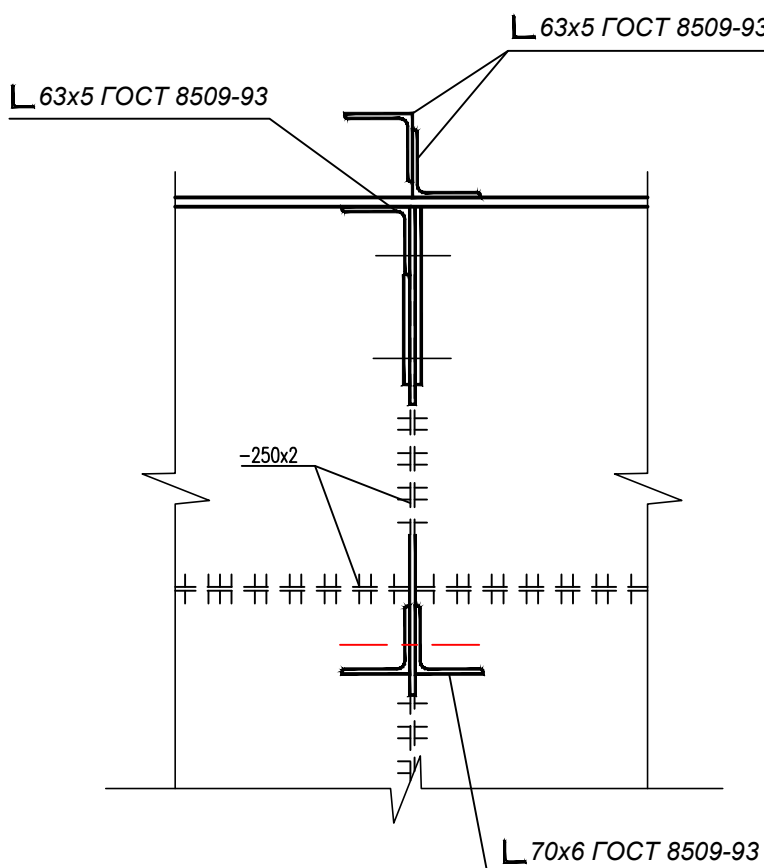
2 - 2



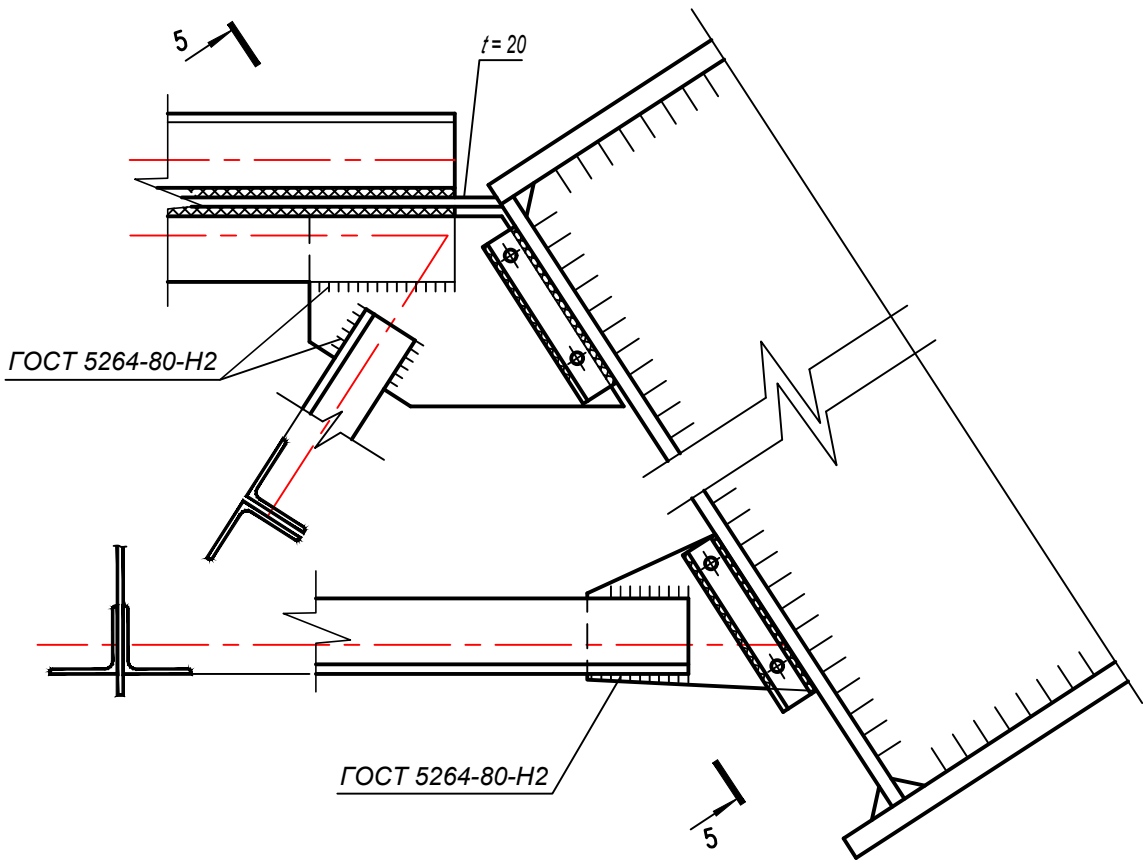
Примечание:

Внешние арки Ар1 собираются из отдельных блоков (отправочных элементов) длиной около 12 м и массой 48 тонн. Монтажные соединения блоков арок — сварные. Каждый блок имеет один торец с приваренным на заводе фланцем, а другой — без фланца, с разделанными под сварку кромками. Блоки арок соединяют приваркой свободных кромок коробчатого сечения одного блока к фланцевому листу толщиной 40 мм, приваренному заводским швом к торцу соседнего блока. В связи с затрудненным доступом к стыкам арок и невозможностью применения механизированных способов сварки в различных пространственных положениях, принята ручная дуговая сварка. Сварку элементов производить электродами Э42 по ГОСТ 9467-75 в соответствии с требованиями СП РК 5.01-102-2013 и СП РК EN 1993-1-8. Все сварные швы подвергнуть ультразвуковому контролю дефектоскопом ДУК-66П. Опорная конструкция арок — балансирный шарнир. Шарнир состоит из верхнего и нижнего балансиров, в гнезда которых укладывается плотно пригнанная цилиндрическая цапфа. Верхний балансир через опорную плиту закрепляется к арке на высокопрочных болтах. Несущие металлические конструкции арок и покрытия окрасить терморасширяющимся огнезащитным составом «ОГРАСК-В-СК» (или аналогом). Перед нанесением состава поверхность металла должна быть сухой, очищенной от грязи, ржавчины, окислов и обезжиренной.

5 - 5

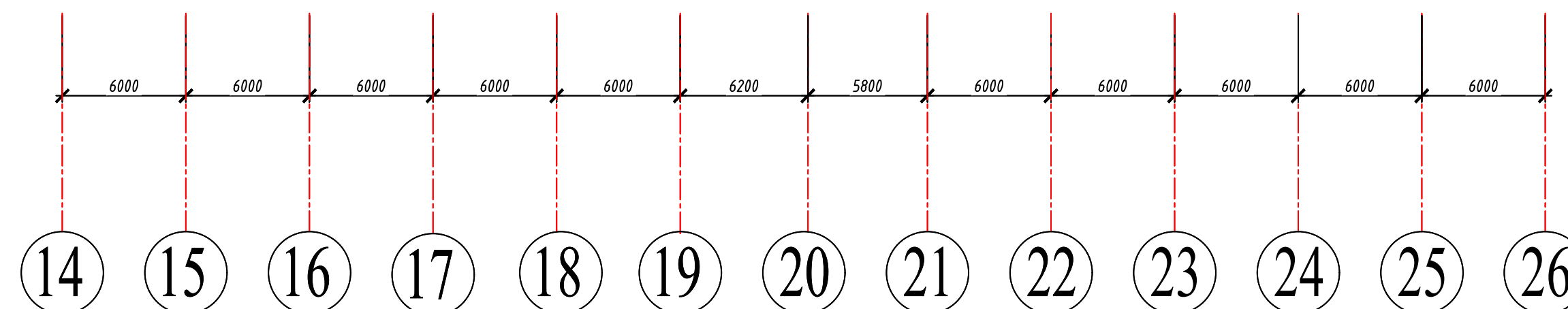
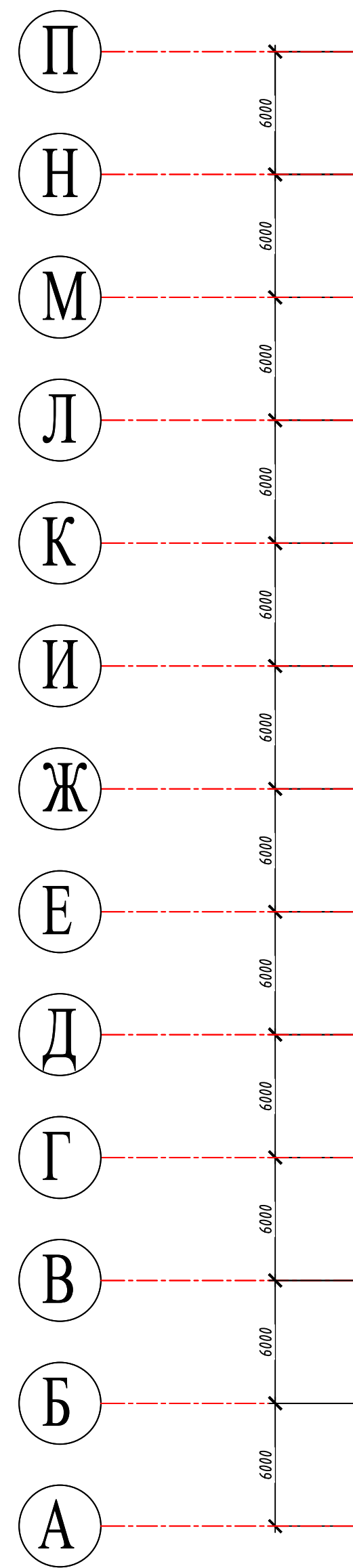


1



						Крытый стадион на 25 тысяч человек в г. Алма-Аты			
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Расчётно - конструктивный раздел	Стадия	Лист	Листов
Руководитель	Алибаев Б. А.	Лист	№ док	Подпись	Дата		ДП	2	3
Студент	Бобровский Е. С.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Размещение арок в осях 15-26. Опорная конструкция арок. Отправочный элемент внешней арки		Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации	

This technical drawing shows a floor plan of a building. The plan is defined by a curved wall on the left and a curved wall on the right. A grid of columns is shown, with each column labeled 'Колонна К1'. The columns are arranged in a grid pattern, with some columns being solid lines and others being dashed lines. The drawing includes a north arrow pointing towards the top right. The overall layout is a rectangular area with a curved boundary on the left and right sides.



The image contains four technical drawings of a reinforced concrete structure, likely a foundation or a wall section.

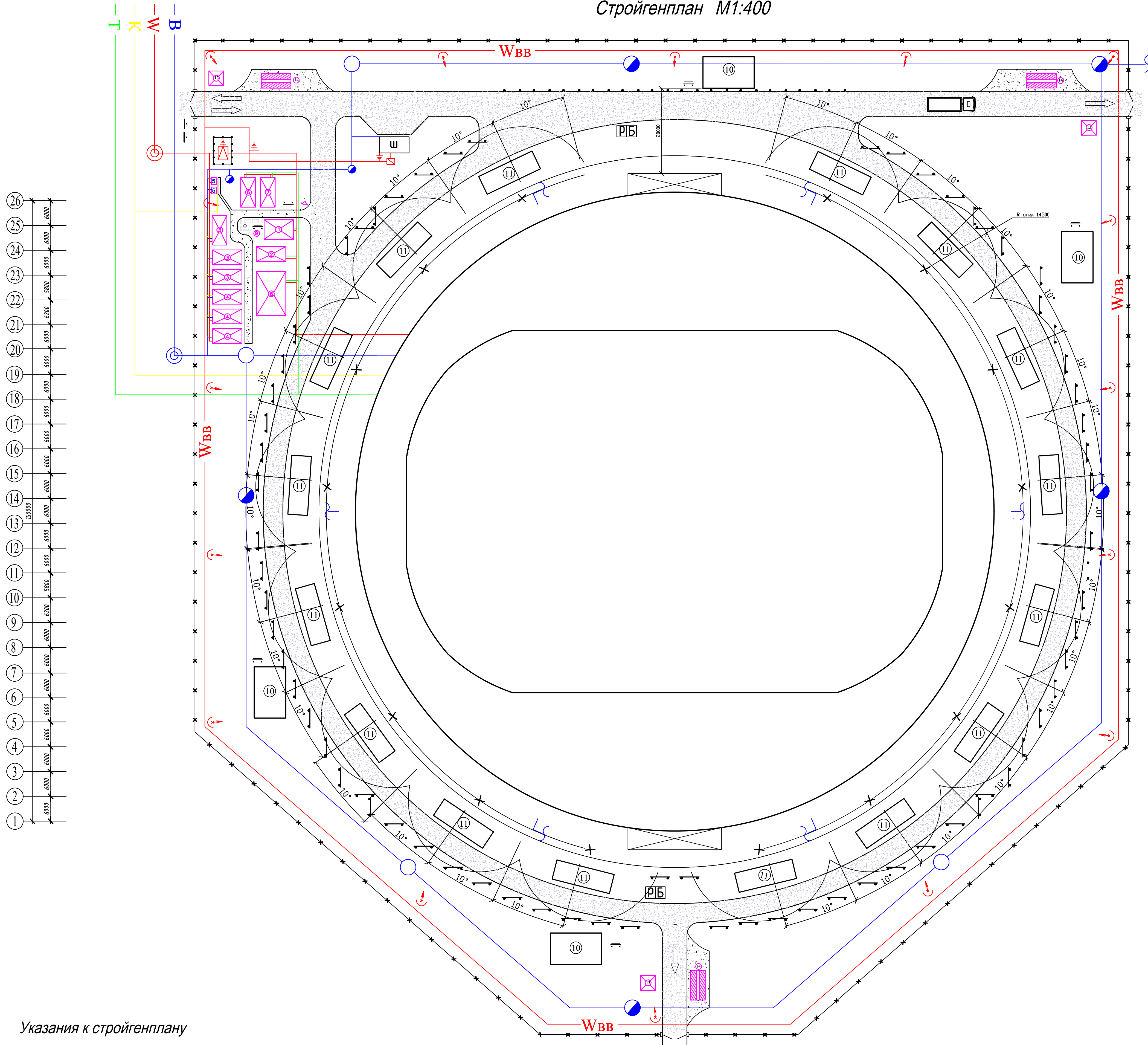
- Longitudinal Section (I-I):** Located on the left, showing a vertical section of the structure. It includes dimensions for the top slab (630, 300, 630, 80), the main wall (800), and the base (80, 10, 80). A red dashed line indicates the centerline. Section markers 1 and 2 are shown at the top and bottom.
- Cross-Section (II-II):** Located below the longitudinal section, showing a horizontal section. It includes dimensions for the top slab (200, 200), the main wall (800), and the base (80, 16, 80). A red dashed line indicates the centerline. Section markers 1 and 2 are shown at the top and bottom. Labels include "Анкерный болт" (Anchor bolt) and "Фундамент" (Foundation).
- Cross-Section (1-1):** Located on the top right, showing a vertical section of the structure. It includes dimensions for the top slab (60, 2740, 60), the main wall (1340, 1340, 60), and the base (60). A red dashed line indicates the centerline. Section markers 1 and 2 are shown at the top and bottom. Labels include "0mb $\phi 38$ 4 шт" (4 pieces of 38mm diameter reinforcement bars).
- Cross-Section (2-2):** Located on the bottom right, showing a horizontal section of the structure. It includes dimensions for the top slab (360, 360, 270), the main wall (1260, 1260, 330, 330, 300, 300), and the base (330, 330, 300, 300). A red dashed line indicates the centerline. Section markers 1 and 2 are shown at the top and bottom. Labels include "0mb $\phi 23$ " (23mm diameter reinforcement bars).

- - заварной шов сварного соединения - сплошной (с видимой стороны)
- - заварной шов сварного соединения - сплошной (с невидимой стороны)
- - монтажный сварной шов
- - болты класса точности В
- - высокопрочные болты
- - скозное отверстие

1. Все сварные швы принимать по наименьшей толщине сварных элементов.
2. Сварку производить электродами Э-42 по ГОСТ 9467-82.
3. После сборки узлов, монтажные соединения должны быть защищены, зашпаклеваны, ошпательны и покрашены в соответствии с п.4.34 СНиП 3.03.01-87. Окраску производить огнезащитным составом. Работы по окраске металлоконструкций производить в соответствии с требованиями СНиП 3.04.03-85 и ГОСТ 12.3.005-75.

[illegible][illegible]

Стройгенплан М1:400



Указания к стройгенплану

1. Стройгенплан разработан на возведение надземной части здания крытого катка.
2. Для производства работ приняты два крана QUY80E CE.
3. Опасные зоны монтажа оградить временными ограждениями.
4. Площади складирования расположить в зоне действия монтажного крана. Запас строительных конструкций на объекте создается из размера потребности на определенную контруктивно-технологическую часть здания.
5. Подключение строительной площадки к бытового городка к электрическим сетям провести через существующие трансформаторные подстанции.

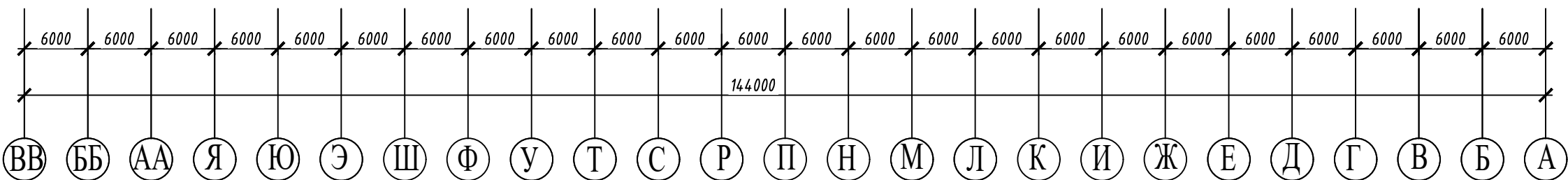
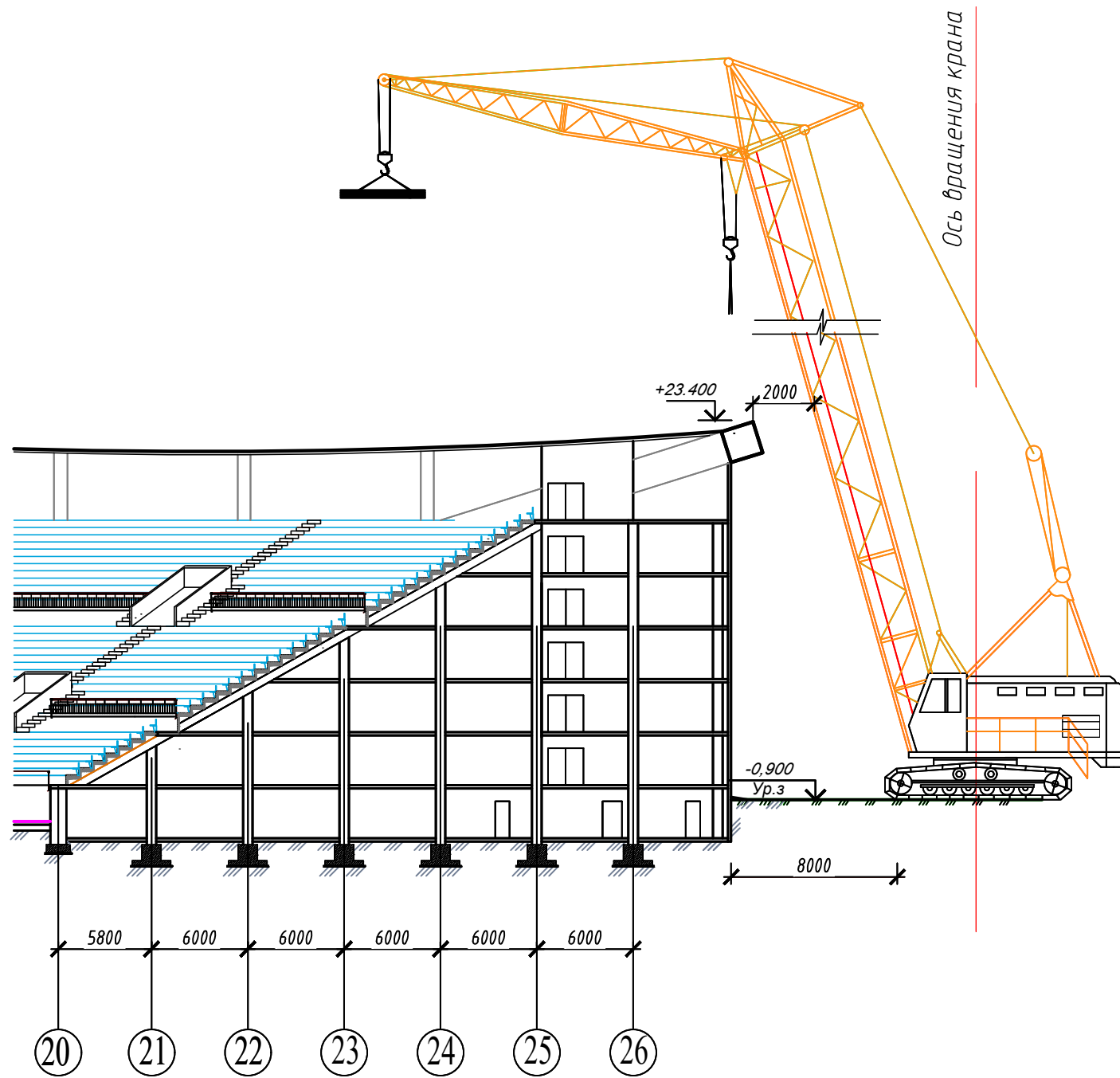


Схема установки крана QUY80E CE при монтаже надземной части здания



Наименование условных обозначений

	Проектируемое здание
	Временные здания
	Козырек над входом
	Направление движения автотранспорта
	Стоянки крана
	Ограждение временное
	Проезд во временном ограждении
	Зона действия монтажного крана
	Место складирования раствора и бетона
	Щит схемы участка при въезде
	Знак ограничение скорости
	Щит по охране труда
	Противопожарный щит
	Трансформаторная подстанция
	Электроэнергетический распределительный щит
	Рубильник
	Заземление
	Штукатурная станция
	Обноска
	Временная воздушная силовая и осветительная сеть низкого напряжения
	Высоковольтная ЛЭП
	Постоянная водопроводная сеть
	Временная водопроводная сеть
	Пожарный гидрант
	Пожарный кран
	Постоянная теплосеть
	Временная теплосеть
	Постоянная канализационная сеть
	Вход в зону городка строителей (санитарно - бытовых помещений)

Экспликация зданий и сооружений

№ п/п	Наименование	Кол-во	Размеры в плане
1	Прораска	1	5 x 8
2	Кабинет по Т. Б.	1	4 x 6
3	Гардеробная с умывальником	3	4 x 8
4	Душевая	3	4 x 8
5	Туалет	2	3 x 6
6	Сушка одежды	1	4 x 8
7	Помещение для обогрева рабочих	1	4 x 6
8	Столовая на 40 мест	1	8 x 12
9	Место для курения	1	
10	Закртытый склад	4	10 x 16
11	Открытый склад	16	6 x 12
12	Мойка для автомашин	1	6 x 12
13	Помещение охраны	3	4 x 4

Технико-экономические показатели

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Величина
1	Площадь территории стройплощадки	м ²	87500
2	Площадь под временные здания	м ²	2850
3	Площадь складов	м ²	6200
4	Протяженность дорог	м	2450
5	Протяженность электросети:		
а) постоянной	м	380	
б) временной	м	2150	
6	Протяженность водопроводной сети:		
а) постоянной	м	420	
б) временной	м	1680	
7	Протяженность ограждения	м	1850
8	Коэффициент застройки		0.49
9	Коэффициент использования территории		0.78

						Крытый стадион на 25 тысяч человек в г. Алма-Аты		
Изм.	Кол.	Лист	Модок	Подпись	Дата	Организация, технология и управление строительством	Студия	Лист
Руководитель	Алимбаев Б. А.						ДП	1
Студент	Бобровский Е. С.					Строительный генеральный план. Разрез, ТЭП	Листов 3	
							Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации	

Сетевой график производства работ

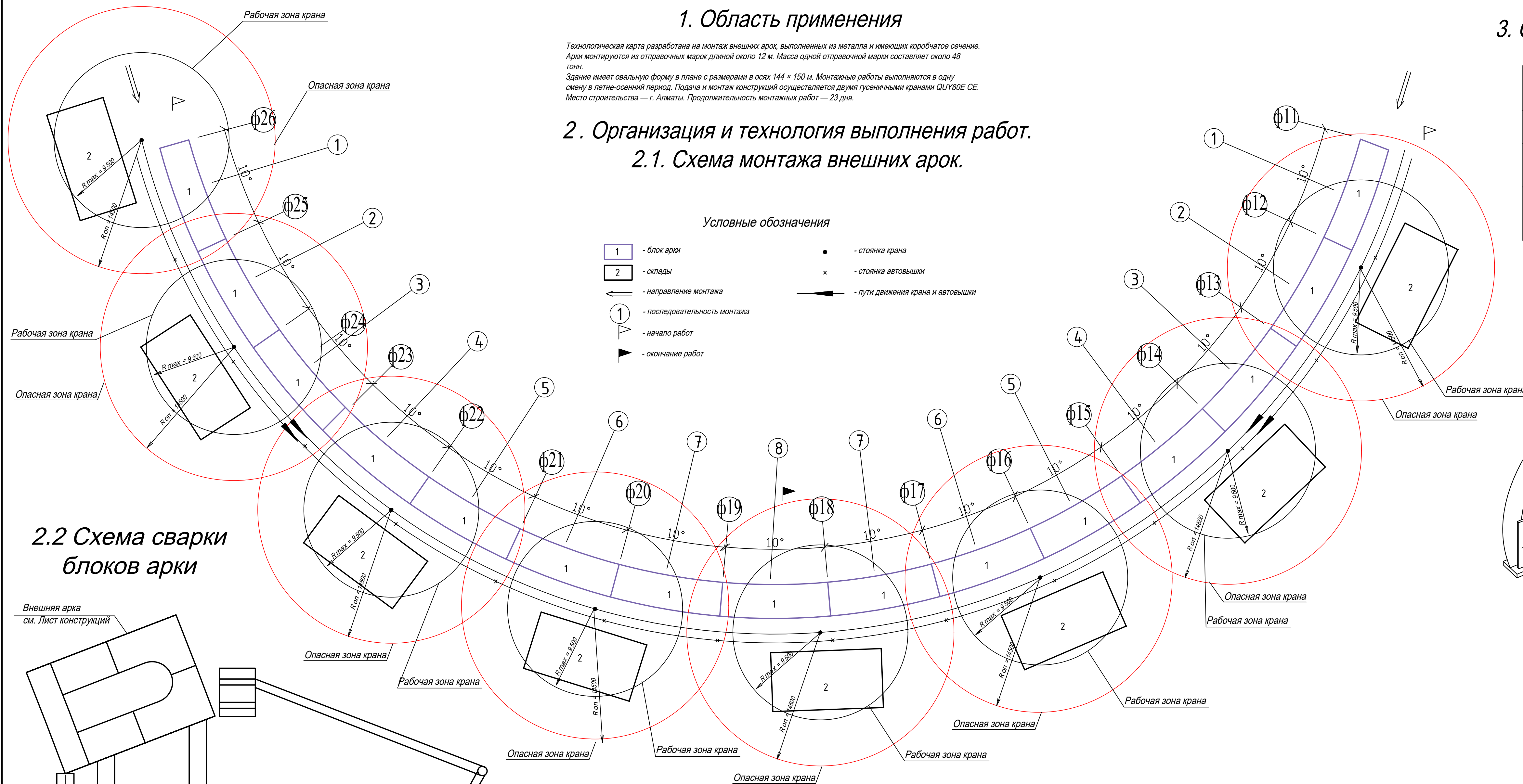
Январь																															Февраль																															Март																															Апрель																															Май																															Июнь																															Июль																															Август																															Сентябрь																															Октябрь																															Ноябрь																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27

Технологическая карта разработана на монтаж внешних работ, выполненных из металла и имеющих коробчатое сечение. Акрил монтируется из отпавочных марок длиной около 12 м. Масса одной отпавочной марки составляет около 48 тонн.

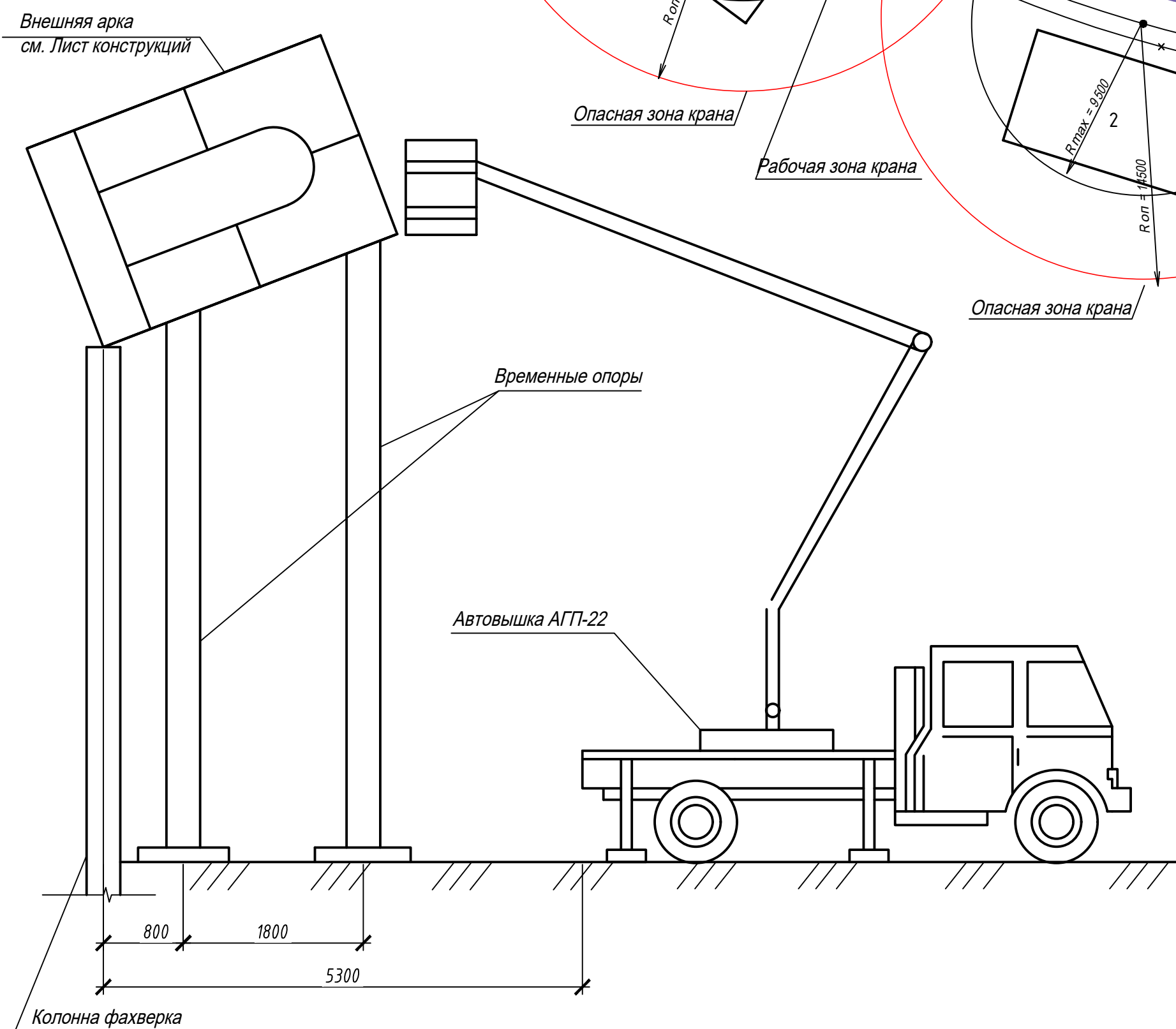
Здание имеет овальную форму в плане с размерами в осях 144 × 150 м. Монтажные работы выполняются в одну смену в летне-осенний период. Подача и монтаж конструкций осуществляется двумя гусеничными кранами QUY80E CE. Место строительства — г. Алматы. Продолжительность монтажных работ — 23 дня.

2.1. Схема монтажа внешних арок.

	- блок арии		- стоянка крана
	- склады		- стоянка автовышки
	- направление монтажа		- пути движения крана и автовышки
	- последовательность монтажа		
	- начало работ		
	- окончание работ		



2.2 Схема сварки блоков арки



До начала производства работ необходимо устроить площадки складирования материалов, завести конструкторы, материалы и инвентарь в зону действия монтажного крана.

К монтажу арок необходимо приступать после завершения бетонирования фундаментов и выполнения соединений их затяжек, а также после устройства прозвдов для монтажных кранов. Монтаж блоков арок осуществляется двумя грузопосильными кранами QUY80E CE.

Внешний контур арок монтируется методом наращения одновременно обеих арок в направлении от устоев к центру сооружения. Опорные блоки приваривают к опорным устоям арок в к выпускам арматуры. Блоки арок соединяют приваркой свободных кромок корытообразного сечения одного блока к фланцевому листу толщиной 40 мм, приваренному заводским швом к торцу соседнего блока. Применена ручная дуговая сварка.

Фермы и связи между арками монтируют параллельным потоком со сваркой стыков секций арок, при этом сварка опережает монтаж ферм на одну секцию.

После окончания монтажа арок, ферм и связей производится раскуривание арок. Две арки внутреннего сооружения необходимо раскуривать одновременно, ступенчато.

Наименование процессов, подлежащих контролю	Предмет контроля	Способ контроля	Периодичность контроля	Ответственный за контроль	Технические критерии оценки качества
Подготовительные работы	Чистота опорных поверхностей	Визуальный	До начала монтажа	Производитель работ	
Монтажные работы	Точность установки	Измерительный	В процессе монтажа	Мастер (прораб)	Отклонения от отметок опорных узлов 10 мм, смещение блоков арки с осей 15 мм.
Сварочные работы	Контроль свариваемых соединений в процессе их выполнения, соответствие проекту марки электрода	Инструментальный	В процессе монтажа	Мастер (прораб)	Поверхность шва должна быть равномерно - чешуйчатой, без прожогов, наплывов, сужений и перемычек

Установка геодезических приборов для измерения положения арки

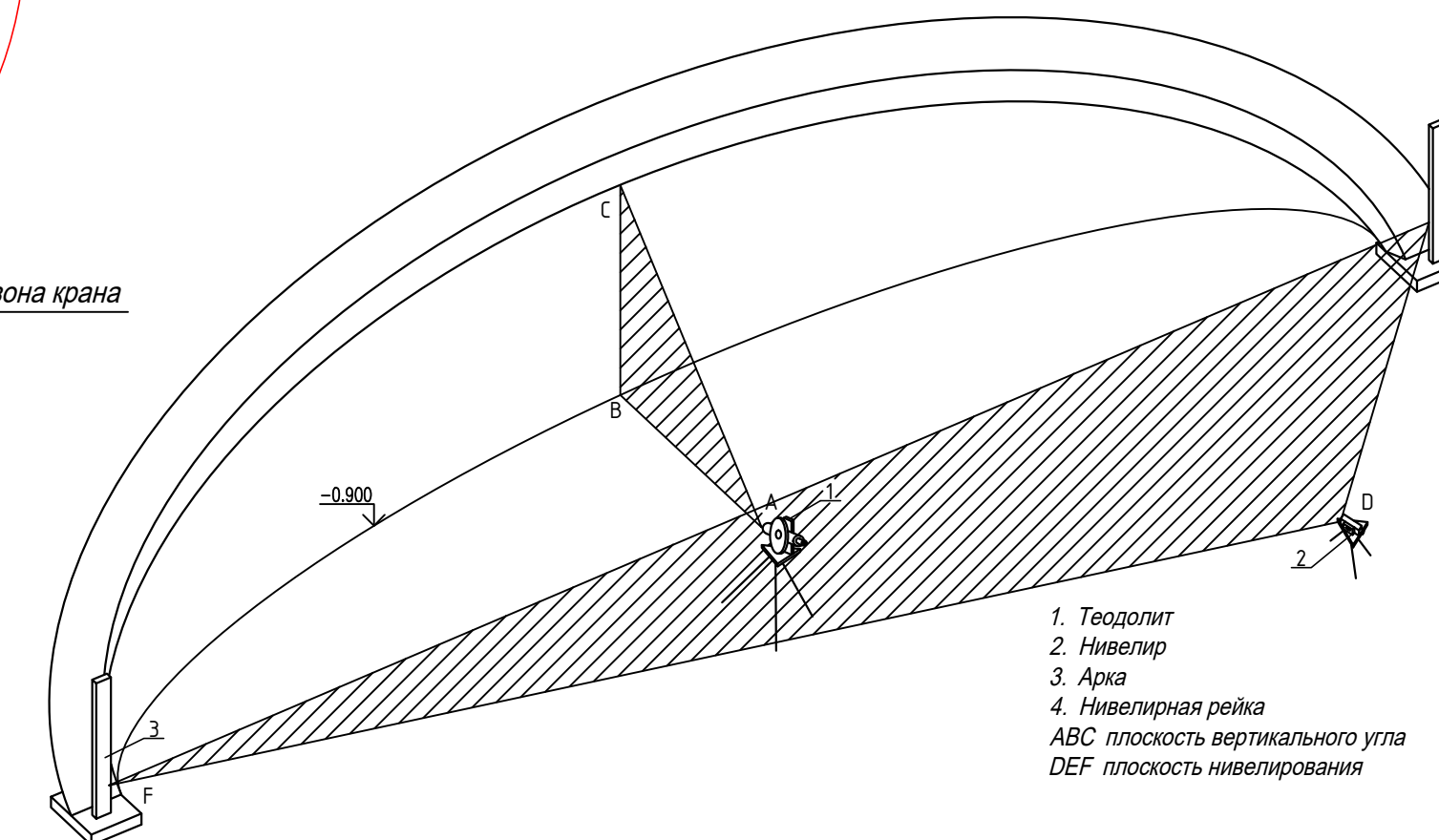
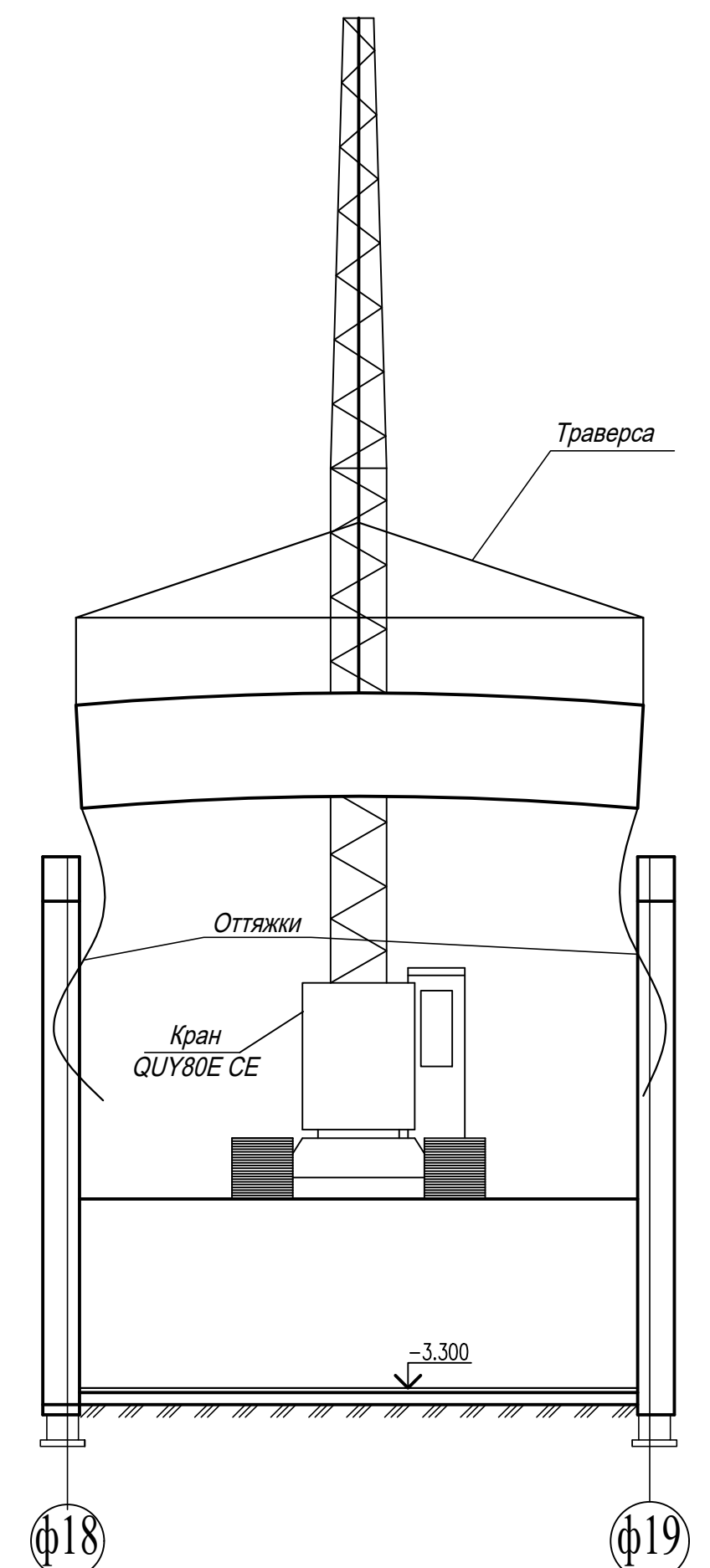


Схема монтажа блоков арки



5. График производства работ.

[illegible]

6. Техника безопасности

При производстве монтажных работ необходимо соблюдать требования по технике безопасности и охране труда, изложенные в СТП КС 1.03-03-2014 «Охрана труда в строительстве», а также в «Правилах устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» и «Правилах пожарной безопасности при производстве строительных-монтажных работ».

До установки блока яры на колонны или временные опоры нахождение людей под ними запрещено. При установке блока на колонны (в процессе выверки и выполнения проектного крепления) блок дополнительно подкрепляется краном.

Не разрешается поднимать блок на проектную отметку при скорости ветра более 10 м/с. Элементы монтируемых конструкций во время перемещения должны удерживаться от раскачивания и вращения при помощи гибких оттяжек.

Границы зоны безопасности устанавливаются на расстоянии не менее 6 м по горизонтали от возможного места падения груза при его перемещении краном и должны быть четко обозначены сигнальными ограждениями и знаками безопасности.

К работе на высоте допускаются лица не моложе 18 лет, имеющие разряд монтажника конструкций не ниже 4-го и стаж работы по специальности не менее одного года.

7. Техничко-экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	Кол-во
Объем работ	т.	1440
Продолжительность работ	дн.	23
Затраты труда рабочих:- общие	чел.-ч	1475
- удельные	чел.-ч/т	1,02
Затраты машинного времени:- общие	маш.-ч	485
- удельные	маш.-ч/т	0,34
Общая трудоемкость	чел.-дн.	184
Трудоемкость установки одного блока	чел.-дн/шт.	0,63
Выработка одного человека в день	1 т/дн.	62,6

[illegible]

Технико-экономические показатели по проекту

Показатели	Ед. измерения	Значения
Мощность, вместимость, пропускная способность	чел.	25000
Общая площадь земельного участка	м ²	87500
Площадь застройки	м ²	42600
Общая площадь здания	м ²	48500
Полезная площадь здания	м ²	46200
Площадь технических помещений	м ²	23700
Строительный объем	м ³	620000
Общая трудоемкость	чел.-час	45443,44
Продолжительность строительства	дн.	234
Стоимость строительства	тыс. тенге.	5937215
в т.ч. стоимость строительно-монтажных работ	тыс. тенге.	2856419

						Крытый стадион на 25 тысяч человек в г. Алма-Аты				
Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата	Экономика строительства		Стадия	Лист	Листов
Руководитель		Алимбаев Б. А.						ДП	1	1
Студент		Бобровский Е. С.				Технико-экономические показатели по проекту		Казахский национальный университет водного хозяйства и ирригации		