

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
институт
«Строительные материалы и технологии строительства»
кафедра

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

В виде технологической работы

08.03.01 «Строительство»

Код – наименование направления

Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог

Руководитель _____ канд. техн. наук, доцент С.В. Дружинкин
Подпись, дата Должность, ученая степень инициалы фамилия

Выпускники _____ Е.О. Болотов
Подпись, дата инициалы фамилия

_____ А.А. Шпаков
Подпись, дата инициалы фамилия

Красноярск 2020

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
институт
«Строительные материалы и технологии строительства»
кафедра

УТВЕЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ И.Г. Енджиевская
подпись инициалы фамилия

«__» _____ 2020 г

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

В форме бакалаврской работы

Студенту Болотову Евгению Олеговичу

фамилия, имя отчество

Студенту Шпакову Андрею Андреевичу

фамилия, имя отчество

Группа СБ16–41БП Направление (профиль) 08.03.01.17

(номер)

(код)

«Строительство» – профиль «Технология бетонного производства»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы: Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог

Утверждена приказом по университету № 7679/С от 11.06.2020

Руководитель ВКР С.В.Дружинкин, канд техн. наук, доцент кафедры СМиТС ИСИ СФУ
инициалы, фамилия, учёное звание, должность и место работы

Консультант Е.С.Турышева, канд. техн. наук, доцент кафедры СМиТС ИСИ СФУ
инициалы, фамилия, учёное звание, должность и место работы

Исходные данные для ВКР бакалавра: Условная производительность 20000 м³ в год, разработать технологическую линию по производству дорожных плит по поточно-агрегатной технологии.

Перечень разделов ВКР бакалавра введение, состояние вопроса, технологическая часть, заключение, список использованных источников.

Перечень графического материала Технологическая часть – 10 листов.

Руководитель ВКР

Подпись

С.В. Дружинкин
инициалы фамилия

Консультант

Подпись

Е.С. Турышева
инициалы фамилия

Задание приняли к исполнению

Подпись

Е.О. Болотов
инициалы фамилия

Подпись

А.А. Шпаков
инициалы фамилия

«__» _____ 2020 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог» содержит 85 страниц текстового документа, 12 рисунков, 12 таблиц, 10 чертежей формата А1, 33 использованных источника.

ДОРОЖНЫЕ ПЛИТЫ, ПОТОЧНО-АГРЕГАТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ, ПРОИЗВОДСТВО ПЛИТ, РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ.

Объект проектирования – Цех по производству дорожных плит

Цели проектирования:

- Рассмотреть актуальность применения железобетонных плит для покрытия городских дорог;
- Подобрать эффективный состав бетона, позволяющий максимально улучшить качество готовых изделий;
- Выбрать наиболее подходящую и эффективную схему производства, а также технологичное оборудование, что позволит рационально расходовать затрачиваемые на производство ресурсы.

В Красноярском крае и Красноярске в целом вопрос о качестве дорожного покрытия весьма актуален. В условиях резко-континентального климата, а также постоянных автомобильных нагрузок дорожное покрытие на основе асфальтобетона в короткие сроки деформируется, в нём образуются трещины, оно стремительно разрушается. Это происходит из-за наличия битума в составе данного вида покрытия.

Учитывая всё вышесказанное, можно уверенно сказать, что применение железобетонных плит для покрытия городских дорог взамен асфальтобетона является достаточно эффективным решением. Дорожные плиты имеют более плотную и прочную структуру, общее количество пор в них низкое, всё это позволяет им переносить климатические нагрузки и нагрузки транспорта в течение большого срока.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	9
1.1 Общая характеристика изделий.....	10
1.2 Технические требования предъявляемые к дорожным плитам	12
1.3 Сырьевые материалы	14
1.4 Обоснование выбора способа производства	20
ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	24
2.1 Описание принятой технологической схемы производства дорожных плит	25
2.2 Расчёт состава бетона.....	37
2.3 Технология изготовления дорожных плит.....	41
2.4 Технологические расчёты	50
2.5 Подбор технологического оборудования.....	63
Контроль качества готовой продукции.....	67
Охрана труда и экология.....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
Список использованных источников	82

ВВЕДЕНИЕ

В наши дни городские дороги, а также трассы соединяющие населённые пункты в обязательном порядке необходимо покрывать, чтобы обеспечить максимально удобный проезд автомобильного транспорта.

Самым популярным дорожным покрытием является асфальтобетонное ввиду его низкой стоимости.

Долговечность такого покрытия весьма низкая, особенно в регионах с тяжёлыми климатическими условиями. К таким регионам можно отнести и Красноярский край с его резко-континентальным климатом. Битум, который является одним из компонентов асфальтобетонной смеси, быстро разрушается под воздействием низких температур и истирающих нагрузок от колёс автомобильного транспорта.

Весьма эффективной альтернативой данного покрытия является применение железобетонных дорожных плит. Затраты на устройство покрытия из железобетонных плит выше, чем при устройстве его из асфальтобетона, но в то же время долговечность таких покрытий значительно выше, что повышает срок их службы и устраняет необходимость регулярного ремонта.

Железобетонные плиты для покрытия городских дорог можно изготавливать с напряжённой и ненапряжённой арматурой. Совместная работа тяжёлого бетона высокого класса и арматуры, обеспечивает данным изделиям высокие прочностные показатели.

Главным показателем долговечности любого бетонного и железобетонного изделия является его пористость, в частности общий объём открытых пор и капилляров. При большом их количестве, водопоглощение изделия будет высоким, что негативно скажется на его морозостойкости. Из-за неоднородности поверхности изделия, его сопротивляемость истирающим нагрузкам будет значительно снижена, что может привести к интенсивному разрушению изделия.

Из вышесказанного следует, что для повышения долговечности дорожных плит необходимо максимально снизить число открытых пор и капилляров. Это достигается применением пластифицирующих и воздухововлекающих добавок, разравниваем поверхности бетонной смеси при формовании.

Введением в состав бетонной смеси пластифицирующих добавок можно снизить общий расход воды, что позволит снизить объём свободной воды (не участвует в процессе гидратации), при испарении которой образуются поры. Из этого следует, что введение пластифицирующих добавок снижает общее число пор в готовом изделии.

Целью применения воздухововлекающих добавок является снижение общего числа открытых пор за счёт образования замкнутой пористости в глубине изделия.

Разравнивание бетонной смеси в процессе формования позволяет значительно снизить риск образования раковин, наличие которых может весьма негативно сказаться на сопротивлении изделия истирающим нагрузкам.

Применение мягкого режима ТВО (t не выше $70\text{ }^{\circ}\text{C}$) позволяет повысить трещиностойкость изделия, за счёт более размеренного протекания процесса гидратации цементного камня. Это в свою очередь также повышает долговечность готового изделия.

Цель работы: Запроектировать цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие практические задачи:

1. Привести расчёт состава бетона с применением качественных сырьевых материалов и добавок для производства дорожных плит;
2. Выбрать наиболее эффективную схему производства дорожных плит, подобрать режим ТВО;
3. Рассчитать и подобрать технологическое оборудование;

4. Запроектировать цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Железобетон – строительный материал, состоящий из бетона и стали, который функционирует под нагрузкой как общая система. Совокупность в железобетоне двух разных по структуре и физико-механическим свойствам материалов гарантирует повышение слабо работающего на растяжение бетона, стальной арматурой, которая в одинаковой мере хорошо сопротивляется и растяжению, и сжатию, восполняя недочеты бетона как конструкционного материала. Несущая способность железобетона зависит от количества арматуры: армирование 1–2% от площади поперечного сечения изгибаемого элемента дает возможность повысить его несущую способность приблизительно в 20 раз по сравнению с изделием из чистого бетона. Наличие арматуры в железобетонных сжатых колоннах (стойках) даёт возможность сократить их поперечные размеры.

Основной совместной деятельностью бетона и арматуры является обладание сцеплением между ними. Значение сцепления на поверхности арматуры находится в зависимости от следующих факторов: механического зацепления периодического профиля арматуры за бетон (70–80% от общих сдвиговых усилий); адгезии бетона к арматуре. С целью увеличения сцепления гладкой арматуры с бетоном на концах стержней в отдельных случаях устраивают загибы и крюки. Напрягаемую арматуру крепят при помощи специализированных анкерных устройств.

Характерной чертой работы железобетона в конструкциях является возможность образования трещин в растянутой области при действии наружных нагрузок. Ширина их раскрытия в стадии эксплуатации составляет 0,1–0,4 мм, это не нарушает стандартную работу железобетонных конструкций и не вызывает коррозии арматуры. Для увеличения жёсткости и трещиностойкости железобетона либо исключения трещин вообще (по условиям эксплуатации) железобетон подвергают обжатию путём

предварительного (до приложения внешней нагрузки) натяжения арматуры. Такой железобетон называется предварительно напряжённым [1].

1.1 Общая характеристика изделий

Обязательной составляющей передового дорожного строительства считаются железобетонные дорожные плиты, так как темпы построения промышленных и жилых зон увеличиваются с каждым днем, поэтому долговременные и прочные подъездные пути должны быть обеспечены к таким зонам. Железобетонные плиты для дорожного покрытия предназначены для прокладывания временных и постоянных дорог, оборудования аэродромных площадок и взлетных полос и под передвижение строительной техники и тяжёлых самосвалов и тягачей.

Время прокладки дорог с применением железобетонных дорожных плит существенно сокращается, так же стоимость такой прокладки очень часто оказывается ниже укладки асфальтобетона. К примеру, железобетонные дорожные плиты современного производства должны выдерживать нагрузку транспорта Н10 и Н30 (режим Н–10 должен применяться в качестве пешеходных зон или для проезда легковых автомобилей с массой не более 10т, режим Н–30 специализирован для проезда тягачей или спец. Транспорта с массой до 30т.), так же они должны применяться во всех погодных условиях и атмосферных зонах нашего государства.

Если предполагается масштабное строительство продолжительностью в несколько лет, то целесообразно использовать дорожные плиты, так как асфальт за длительное время эксплуатации придет в полную непригодность. Дорожные плиты просты в применении и легки в укладке. Для устройства дорог и взлетных полос на аэродромах используются плиты дорожные, рассчитанные на повышенные нагрузки. Применять такие плиты можно не

только при обустройстве аэродромов, но и при возведении любых строительных дорог. Дорожные железобетонные плиты характеризуются ровностью укладки и обеспечивают дорожное полотно оптимальным сцеплением и безопасностью при использовании. Плиты дорожные могут быть выполнены в абсолютно различных конфигурациях, что позволяет воплотить любые строительные проекты при прокладке дорог [2].

Дорожные плиты можно переносить на новые строительные объекты несколько раз в зависимости от степени износа, это является еще одним немало важным плюсом. К примеру на строительной площадке такие вторичные плиты используют для прокладки временного дорожного покрытия.

Общий вид дорожной плиты представлен на рисунке 1.

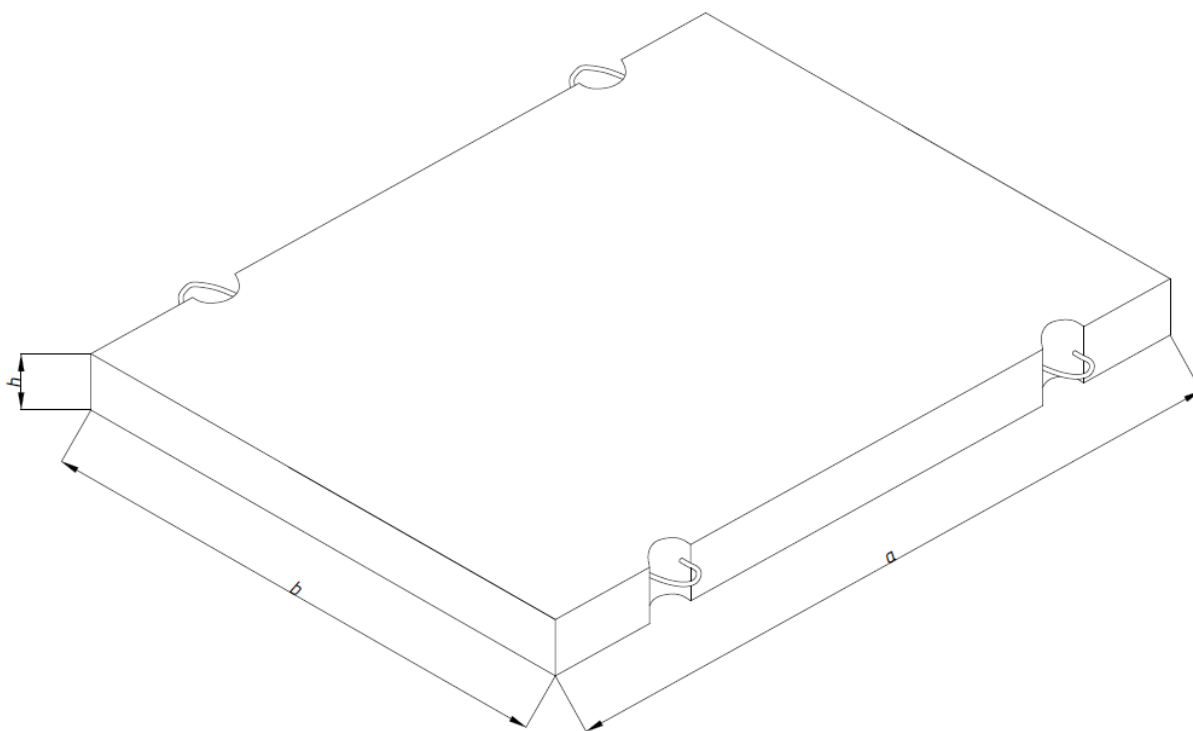


Рисунок 1 – Общий вид дорожной плиты

1.2 Технические требования предъявляемые к дорожным плитам

Дорожные плиты необходимо изготавливать в соответствии с требованиями ГОСТ 21924.0–84 «Плиты железобетонные для покрытий городских дорог. Технические условия» и технологической документации, утвержденной предприятием-изготовителем.

Настоящий стандарт распространяется на железобетонные предварительно напряженные плиты и плиты с ненапрягаемой арматурой, изготавливаемые из тяжелого бетона и предназначенные для устройства сборочных покрытий постоянных и временных городских дорог под автомобильную нагрузку Н–30 и Н–10.

Типы, основные параметры и размеры плит.

Плиты подразделяют на типы в зависимости:

– от назначения:

1 – для постоянных дорог;

2 – для временных дорог;

– от конфигурации:

П – прямоугольная;

ПБ – прямоугольная с одним совмещенным бортом;

ПББ – прямоугольная с двумя совмещенными бортами;

ПТ – трапецеидальная;

ПШ – шестиугольная;

ПШД – шестиугольная осевая диагональная;

ПШП – шестиугольная осевая поперечная;

ДПШ – диагональная половина шестиугольной плиты;

ППШ – поперечная половина шестиугольной плиты [3].

Номенклатура выпускаемых плит и основные размеры и характеристики указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Номенклатура выпускаемых дорожных плит

Типоразмер плиты	Размеры плит, мм									Масса плиты (справочная), т
	L	В В/С	Толщина плиты h (h ₁)		l ₁	l ₂ l ₂ /l ₃	b ₁	b ₂ (b ₃)	a ₆	
			предварительно напряжённой	с ненапрягаемой арматурой						
1П60.38	6000	3750	140	—	1200	3600	475	1400	—	7,85
1П60.35		3500					450	1300		7,33
2П60.35							—	—		
1П60.30		3000					400	1100		6,28
2П60.30							—	—		
1П60.19		1870					360	1150		3,90
1П60.18		1750					300			3,65
2П60.18							—	—		
1П35.28	3500	2750	—	170	750	2000				4,08
2П35.28										
1П30.18	3000	1750			500					2,20
2П30.18										
1П18.18	1750			160	450	850				1,20
2П18.18										
1П18.15	1750	1500								1,03
2П18.15										

Технический чертёж дорожной плиты изображён на рисунке 2.

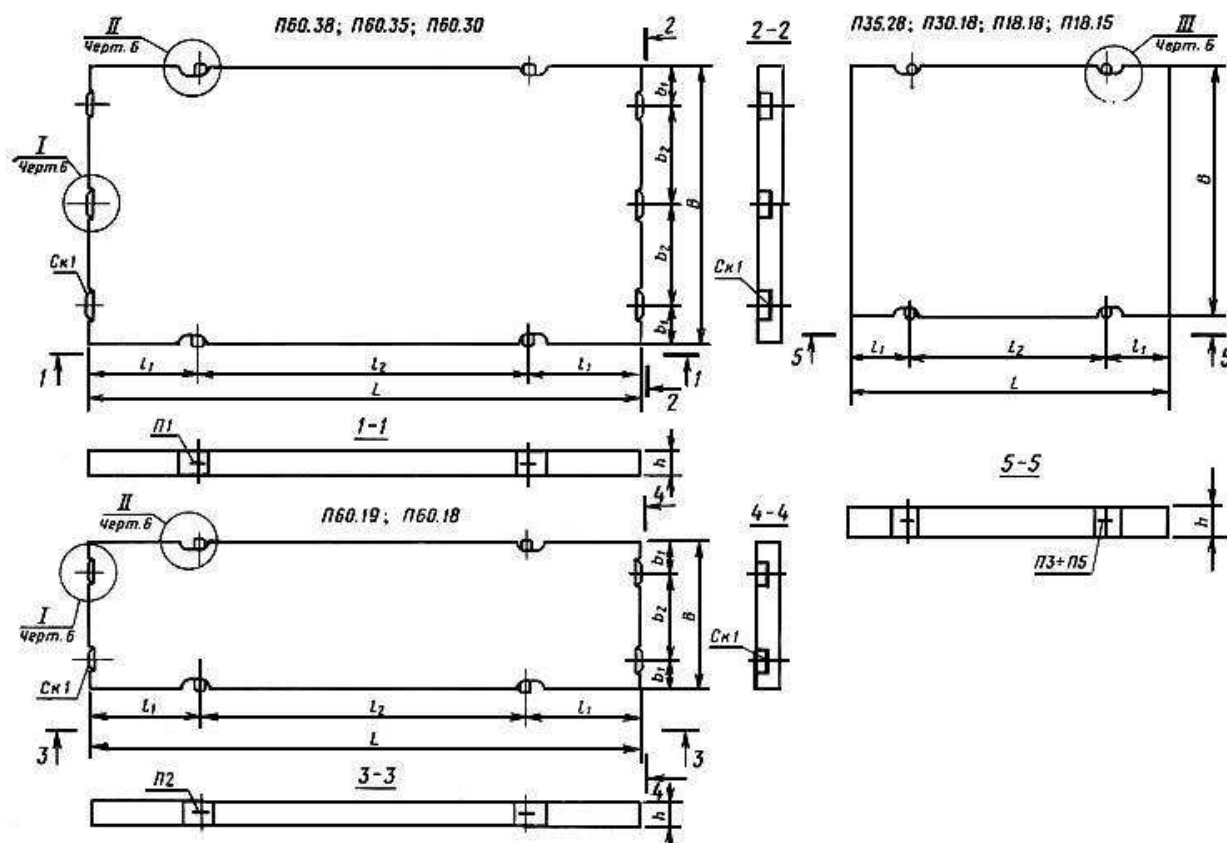


Рисунок 2 – Форма и основные размеры дорожных плит

1.3 Сырьевые материалы

Тяжелый бетон, применяемый для изготовления дорожных должен приобретать определенную прочность в заданный срок твердения, а бетонная смесь должна быть удобоукладываемой и экономичной. Бетон дорожных плит должен иметь повышенную плотность, коррозионную стойкость и морозостойкость, низкое водопоглощение. В зависимости от назначения конкретного вида плиты, могут устанавливаться дополнительные требования. Важным показателем данного вида изделий является долговечность.

Характеристики сырьевых материалов при изготовлении бетонов для дорожных плит играют очень важную роль, самыми главными составляющими являются цемент и хим. добавки. Завышенное содержание трехвалентного алюмината в растворе цементного клинкера приводит к ухудшению морозостойкости продукта, так же применение щебня плохого качества приводит к ухудшению прочности и морозостойкости изделия.

Для производства дорожных плит используются такие сырьевые материалы – вяжущее, мелкий заполнитель, крупный заполнитель, вода и добавки.

Вяжущее вещество

В качестве вяжущих материалов следует применять портландцементы, сульфатостойкие и пуццолановые цементы, которые должны соответствовать требованиям ГОСТ 31108–2016. Цемент должен удовлетворять следующим требованиям:

- а) в цементе не должно содержаться минеральных тонкомолотых и в том числе гидравлических добавок;
- б) начало схватывания не ранее 2 ч;
- в) конец схватывания 3,5–5 ч;
- г) нормальной густоты цементного теста 25–30%;
- д) содержание в цементе C_3A не более 8% [4].

Класс цемента выбирают в зависимости от класса бетона по таблице 2.

Таблица 2 – Выбор марки цемента в зависимости от класса бетона

Класс бетона	7,5	10	15	20	22,5–25	30	35	45
Класс цемента	22,5	22,5	22,5–32,5	32,5	32,5–42,5	42,5–52,5	52,5	52,5

В качестве вяжущего вещества можно применять цемент производства ООО «Красноярский цемент» класса Цем I 42,5Н.

Крупный заполнитель

В качестве крупных заполнителей для бетонов применяют щебень из плотных горных пород, щебень из отсевов дробления плотных горных пород, щебень из доменных и ферросплавных шлаков черной металлургии и никелевых и медеплавильных шлаков цветной металлургии. Крупные заполнители должны иметь среднюю плотность зерен от 2000 до 3000 кг/м³. Крупный заполнитель следует применять в виде отдельно дозируемых фракций при приготовлении бетонной смеси.

Крупный заполнитель должен соответствовать требованиям ГОСТ 219.0–84; ГОСТ 8267–93.

Допускается применение крупных заполнителей в виде смеси двух смежных фракций.

Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне из изверженных и метаморфических пород, щебне из гравия и в гравии не должно превышать 1% массы.

Содержание пылевидных и глинистых гранул в щебне из осадочных пород не должно превышать 3% от массы. Содержание гранул лещадной и игловатой формы в крупном заполнителе не должно превышать 35% массы [5].

Размер зерен крупного заполнителя для дорожных плит не должен превышать 20мм.

Марки по морозостойкости крупного заполнителя для бетона покрытий и оснований должны быть не ниже F150 [3].

Марки щебня, определяемые по дробимости при сжатии в цилиндре, должны быть выше марок бетона на сжатие не менее чем в 2 раза. Наличие глины в виде комков или плёнки, обволакивающей зёрна крупного заполнителя не допускается.

Щебень Березовского месторождения удовлетворяет требованиям ГОСТ.

Мелкий заполнитель

В качестве мелких заполнителей для бетонов применяют природный песок или песок из отсевов дробления горных пород с истинной плотностью от 2000 до 2800 кг/м³, имеющие модуль крупности в пределах 2,1–3,25. Песок из доменных и ферросплавных шлаков черной металлургии и никелевых и медеплавильных шлаков цветной металлургии.

Для получения качественной бетонной смеси применяют песок, прошедший операцию фракционирования, что обеспечивает высококачественный зерновой состав и постоянство песка в смеси. Такой песок представляет собой смесь крупной и мелкой фракций, дозируемых в смесь по отдельности при ее приготовлении.

Мелкий заполнитель должен соответствовать требованиям ГОСТ 8736–2014.

Количество пылевидных и глинистых частиц в песке не должно превышать 3% по массе, глина в комках не допускается [6].

Для повышения однородности бетонной смеси рекомендуется применять классифицированный песок трёх фракций 0–0,315; 0,63–1,25; 2,5–5 мм или в крайнем случае двух фракций (0–0,63 и 1,25–5 мм). Разделение исходного песка на две фракции производят по граничному зерну, соответствующему размеру отверстий контрольных сит 1,25 или 0,63 мм. Допускается применять готовые смеси фракций в требуемом соотношении.

Песок Березовского месторождения $M_k = 2,1$, $V_l = 3\%$, является средним и соответствует требованиям ГОСТ. Модуль крупности песка, применяемого для производства дорожных плит должен быть не менее 1,8.

Вода

Вода не должна содержать химических соединений и примесей в количествах, которые могут повлиять на сроки схватывания цемента, скорость твердения, прочность, морозостойкость и водонепроницаемость

бетона, коррозию арматуры в пределах, превышающих нормы. Для приготовления бетонных и растворных смесей, ухода за бетоном и промывки заполнителей не допускается применение сточной, болотной и торфяной воды. Водородный показатель воды рН должен быть не менее 4 и не более 12,5. Окисляемость воды должна быть не более 15 мг/л. В местах водозабора (при первичном контроле качества воды) содержание грубодисперсных примесей в воде не должно быть более 4% по объему. Содержание сульфатов не более 2700 мг/л (в пересчёте на 50 л) и солей не более 500 мг/л [7].

Водопродная вода в Красноярске удовлетворяет требованиям СанПиН 2.1.4.1074–01 и ГОСТ 23732–2011, а именно количество растворимых солей не превышает 1000 (1500) мг/л, количество хлор ионов не превышает 350 мг/л, количество сульфатов не превышает 2700 мг/л. Поэтому водопродная вода города Красноярск подходит для затворения бетонной смеси.

Добавки

Химические добавки, применяемые в бетоне, должны соответствовать требованиям ГОСТ 24211–2008, а также стандартам и техническим условиям, по которым они выпускаются. Общее количество химических добавок не должно превышать максимальных дозировок, указанных производителем, и должно быть не более 5% массы цемента. Добавки (кроме воздухововлекающих), используемые в количестве менее 0,2% массы цемента, вводят в бетонную смесь с водой затворения [20].

Для изготовления дорожных плит используются пластифицирующие и вовлекающие добавки такие как. Добавки, использующиеся при производстве плит железобетонных для покрытий городских дорог: воздухововлекающая добавка «Centrament Air 202» от производителя МС Ваушемие, и пластифицирующая добавка «МС–Техни Флоу 60» от производителя МС Ваушемие.

По экономическим и физико-механическим показателям бетон с применением данных добавок, имеет ряд достоинств, к которым можно отнести:

- 1) Увеличение морозостойкости и водонепроницаемости бетона;
- 2) Повышение связности, жизнеспособности и удобоукладываемости бетонной смеси;
- 3) Повышение суточной прочности бетона;
- 4) Добавки эффективно пластифицируют при низких и высоких расходах цемента;
- 5) Положительное влияние на снижение динамики тепловыделения, снижение вероятности образования термических трещин массивных конструкций;
- 6) Увеличение подвижность бетонной смеси;
- 7) Значительное повышение удобоукладываемости, а так же уменьшение расслаиваемости железобетонных конструкций;
- 8) Экономия цемента без снижения марки изделия;
- 9) Обеспечение водоредуцирования до 20%;
- 10) Получение бетонных смесей с постоянными характеристиками по воздухоовлечению;
- 11) Повышение марки по истираемости готовых изделий.

Марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости должны соответствовать требованиям ГОСТ 21924.0–84.

Согласно СНиП 2.01.01 среднесуточная температура наружного воздуха самого холодного месяца в Красноярске равна $-18,7^{\circ}\text{C}$.

При среднесуточной температуре наружного воздуха самого холодного месяца ниже -15°C , марка по морозостойкости должна быть не ниже F150, а по водонепроницаемости не ниже W2.

Водопоглощение бетона дорожных плит должно быть не выше 5% по массе [3].

Марка по истираемости для плит основания двухслойных покрытий не регламентируется.

1.4 Обоснование выбора способа производства

При проектировании железобетонных элементов предусматривают возможность высокопроизводительного изготовления их на специальных заводах и удобного монтажа на строительных площадках путем выбора оптимальных габаритов, экономичных форм сечения, рациональных способов армирования. Конструктивное решение элементов и технология заводского изготовления находятся в тесной взаимосвязи.

Элементы, конструкция которых допускает их массовое изготовление на заводе или на полигоне с использованием высокопроизводительных машин и механизмов без трудоемких ручных операций, являются технологичными. Производство сборных железобетонных элементов ведется по нескольким технологическим схемам [8].

Способы производства железобетонных изделий

Железобетонные изделия изготавливают способами: стендовым, поточно-агрегатным, конвейерным и вибропрокатным, кассетным, безопалубочным.

При безопалубочном способе производства изделия формируют на подогревом металлическом полу, армирование производят предварительно напряжённой проволокой или канатами. Формующий агрегат перемещается по рельсам и оставляет за собой непрерывную ленту отформованной бетонной смеси. Далее готовую смесь накрывают теплоизоляционными материалами и прогревают в течение 12–16 часов и разрезают на отрезки нужной длины. Таким способом в основном формируют плиты перекрытия [33].

Метод при котором изделия изготавливаются в неподвижных формах называется стендовый (на стендах). Все технологическое оборудование (такое как бетоноукладчик, вибратор и т.д.) подступает по мере необходимости к стенду. Стендовым способом получают фермы, колонны, балки, сваи и другие крупногабаритные и длинномерные изделия.

Разновидностью стендового способа, базой которого представляет собой формование продукции в стационарно установленных кассетах (как правило это вертикально установленные металлические формы), является кассетный метод. Бетонную смесь заливают в форму, в которой предварительно уложен каркас из арматуры. ТВО осуществляют через стенки кассеты. Изделие достают из форм мостовым краном после того как стенки формы раздвигают. Этим методом получают плоские изделия в виде различных панелей.

При поточно-агрегатном способе формы с изделиями перемещаются от одного технологического агрегата к другому крану, а при конвейерном они стоят на вагонетках, движущихся по рельсовому пути. При конвейерном способе тепловлажностную обработку осуществляют непрерывным методом.

Плюсом конвейерного способа является его производительность, но есть и недостаток в виде того что на одной линии конвейера выпускается изделие одного размера.

Существует метод при котором железобетонное изделие можно получить на одной установке работающей непрерывно, такая установка называется – вибропрокатный стан, а метод вибропрокатный. Вибропрокатный стан представляет собой конвейер на котором лента движется вдоль постов. Таким способом получают следующие изделия: панели наружных стен, перегородочные панели и плиты перекрытия. Этот метод превосходит все остальные по производительности, но переоснастка для выпуска изделий другого типа доставляет существенные трудности.

В работе выбрана поточно-агрегатная технологическая схема производства дорожных плит.

При поточно-агрегатном способе изготовления конструкций происходит расчленение технологического процесса на: отдельные операции или их группы; выполнением нескольких разнотипных операций на универсальных агрегатах; наличием свободного ритма в потоке, перемещением изделия от поста к посту; формы и изделия переходят от поста к посту с произвольным интервалом, зависящим от длительности операции на данном рабочем месте, которая может колебаться от нескольких минут (например, смазка форм) до нескольких часов (пост твердения отформованных изделий).

Поточно-агрегатный способ также отличается тем, что формы и изделия останавливаются не на всех постах поточной линии, а лишь на тех, которые необходимы для данного случая. Агрегатно-поточный способ организации производства характеризуется возможностью закрепления за одной поточной линией изделий, различных не только по своим типоразмерам, но и по конструкции. Эта возможность создается наличием на поточной линии универсального оборудования.

Межоперационная передача изделий на таких линиях осуществляется подъемно-транспортными и транспортными средствами. Для ускоренного твердения бетона при агрегатно-поточном способе обычно применяются камеры периодического и непрерывного действия.

Небольшой объем каждой секции камеры позволяет затрачивать минимум времени на загрузку и выгрузку изделий, а большое количество таких секций создает условия для непрерывной подачи отформованного изделия в камеру твердения.

Поточно-агрегатная технология отличается большой гибкостью и маневренностью в использовании технологического и транспортного оборудования, в режиме тепловой обработки, что важно при выпуске изделий большой номенклатуры [9].

В сравнении со станочным способом производства съём продукции с единицы производственной площади поточно-агрегатного способа

производства выше. Кассетный способ производства в целом не подходит для изготовления дорожных плит, так как изделия, изготовленные по данному способу имеют неравномерное распределение прочности, что недопустимо для плит дорожных покрытий.

Безопалубочный способ производства также не подходит для изготовления дорожных плит, так как они имеют сложную конфигурацию выемок для монтажных петель, которой нельзя добиться при безопалубочном способе производства. То же относится и к вибропрокатному способу. Весьма эффективным способом производства дорожных плит является конвейерный способ, но в то же время манёвренность такого способа производства весьма ограничена.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно утверждать, что поточно-агрегатный способ производства наиболее подходящий для данного цеха.

ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В данной работе была выбрана поточно-агрегатная схема производства, как наиболее эффективная для производства дорожных плит. Дальнейшие расчёты производятся относительно данной схемы производства дорожных плит.

Технологическая линия состоит из: бетоноукладчика, крана мостового типа, виброплощадки, ямной камеры, постов распалубки, остывания изделий, чистки и смазки форм, технологического контроля; площадок для арматурных каркасов, складирования, ремонта и оснастки форм; испытательный стенд.

Все виды производства сборного железобетона при проектировании необходимо размещать в унифицированных, типовых пролётах (длиной 144 м и шириной 18 м). В цеху предусмотрено 2 формовочных поста, пропарочные камеры ямного типа, виброплощадка, посты для выполнения основных операций (распалубка, доводка, испытания готовых изделий, чистки, смазки и сборки форм).

При поточном способе организации производства процессы формования, твердения и распалубки изделия выполняются на специализированных постах, входящих в состав технологического потока. Каждый пост оборудован соответствующими машинами и механизмами, а формы и изделия перемещаются от одного поста к другому с произвольным интервалом, характерным для данной операции. Помимо этого поточно-агрегатная технология, основанная на применении передвижных агрегатов, позволяет формировать изделия за несколько проходов, что гарантирует высокое качество изделий сложной конфигурации и позволяет производить замену устаревшего оборудования без значительной переделки линии.

Суть технологического процесса заключается в следующих операциях. Цемент вместе с мелким и крупным заполнителем перемещается со складов по галерее, направленной в расходные бункера, которые находятся в верхней части бетоносмесительного узла. В днище каждого бункера находится весовой дозатор, который автоматически закрывается при сбрасывании определенного количества сыпучего вещества. В мешалке добавки смешиваются с водой, подаваемой по водопроводу так же через дозатор. После все элементы бетонной смеси попадают в бетоносмеситель для приготовления бетона.

Готовая бетонная смесь подаётся в бадье на самоходной тележке в бетоноукладчики, которые по рельсам передвигаются к местам формовки. Арматурная сталь на самокатных тележках доставляется с арматурного цеха, который расположен в этом же здании, где производится изготовление и сварка каркасов. Бетоноукладчиком бетонная смесь укладывается в формы, стоящие на виброплощадке. По окончании укладки смеси в формы, включается привод виброплощадки и бетонная смесь уплотняется.

Далее формы с бетонной смесью мостовым краном транспортируют на пост предварительной выдержки, после которой их загружают в пропарочные камеры ямного типа.

По окончании ТВО изделия извлекают из камеры и транспортируют на пост распалубки и доводки. После того, как изделия окончательно остыли и высохли, они проходят приёмочный контроль и маркируются. Далее плиты транспортируют на склад готовой продукции [10].

2.1 Описание принятой технологической схемы производства дорожных плит

Процесс приготовления дорожных плит разделяется на следующие операции:

- подготовка форм (чистка и смазка);

- армирование;
- установка каркаса и сеток в форму;
- укладка и уплотнение бетонной смеси;
- термообработка;
- доводка;
- приемка;
- маркировка.

Технологический процесс подготовки форм и армирования изделий включает в себя следующие операции:

- чистку, сборку и смазку форм;
- установку в форму и фиксацию ненапрягаемых арматурных изделий, закладных и комплектующих элементов.

Применяемые формы, стенды и матрицы должны соответствовать требованиям ГОСТ 25781–2018, ГОСТ 25878–2018, ГОСТ 27204–87, ГОСТ 18103–84, обеспечивать получение изделий с размерами в пределах допускаемых отклонений, отвечающих требованиям стандартов или технических условий и проектной документации на изделия.

Эксплуатацию форм производят в соответствии с требованиями действующей нормативно-технической документации.

Чистка, сборка и смазка форм

Перед формованием элементы формы (поддоны, борта) внутри и снаружи очищают и смазывают. Для очистки металлических форм применяют, как правило, специальные машины или ручной инструмент (пневматический или электрический).

Формы собирают на специальных постах, в процессе сборки следят за плотным прилеганием бортов, отсутствии щелей и правильной установкой вкладышей и вставок [10].

Для увеличения срока службы форм и простоты извлечения изделий из форм, все поверхности тщательно очищаются и смазываются составами с хорошей адгезией к металлу и не вызывающей коррозию. Так же состав не должен оставлять пятен на изделии, не разрушать бетон и быть безопасным для человека.

Для смазки применяется смесь эмульсола ЭКС с раствором извести в соотношении 1:4. Расход смазки 100–200 г на 1 м² поверхности. Смазка должна покрывать ровным слоем рабочую поверхность толщиной 0,1–0,2 мм.

Смазочные составы наносят тонким равномерным слоем механизированными устройствами.

Армирование изделий

Транспортирование арматурной стали и полуфабрикатов в арматурном цехе, а также подачу готовых арматурных изделий в формовочные цехи следует производить в специальных контейнерах, на самоходных передаточных тележках, на подвесных конвейерах и т.п.

Каркасы и арматурные сетки транспортируются при помощи спец поддонов из арматурного цеха. Все закладные элементы транспортируют в ящиках-контейнерах.

Чертёж монтажной петли ПЗ представлен на рисунке 3.

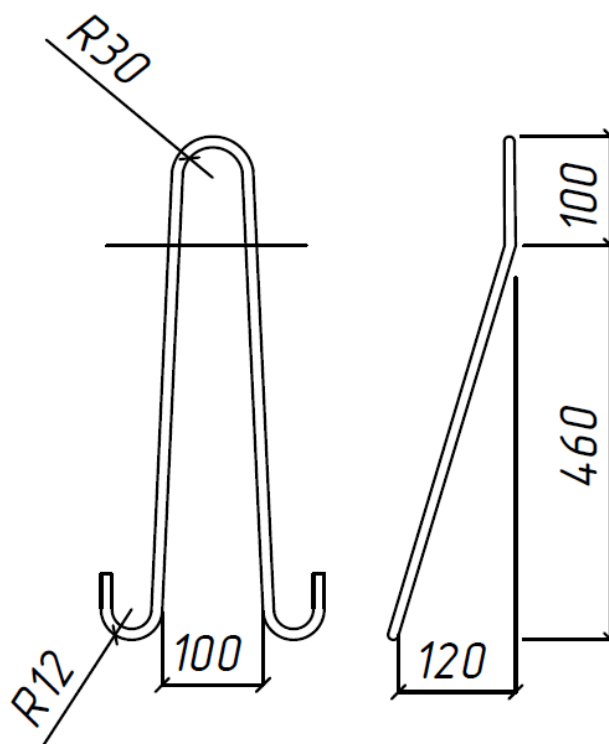


Рисунок 3 – Чертёж монтажной петли ПЗ

Склад готовых арматурных изделий размещают вблизи постов подготовки форм формовочных линий. Сварные арматурные сетки и плоские каркасы должны храниться в закрытых сухих помещениях отдельно по маркам в контейнерах, в пакетах или пачках в штабелях высотой не более 2,0 м со свободными проходами между ними шириной не менее 1,0 м.

Армирование железобетонных изделий производят пространственными каркасами и плоскими сетками. Ручная дуговая сварка арматурных изделий в форме не допускается.

Для обеспечения проектных положений закладных деталей в изделии прибегают к помощи фиксаторов, временных или постоянных крепежных устройств. Это производят для того чтобы закладные элементы, арматурные каркасы, строповочные петли были обеспечены положенным защитным слоем и не смещались при уплотнении и укладки бетонной смеси.

Установленную прочность и плотность бетона, конфигурацию и проектные размеры обеспечивают на этапе формования изделия.

Схема армирования дорожной плиты 1П35.28–30 представлена на рисунке 4.

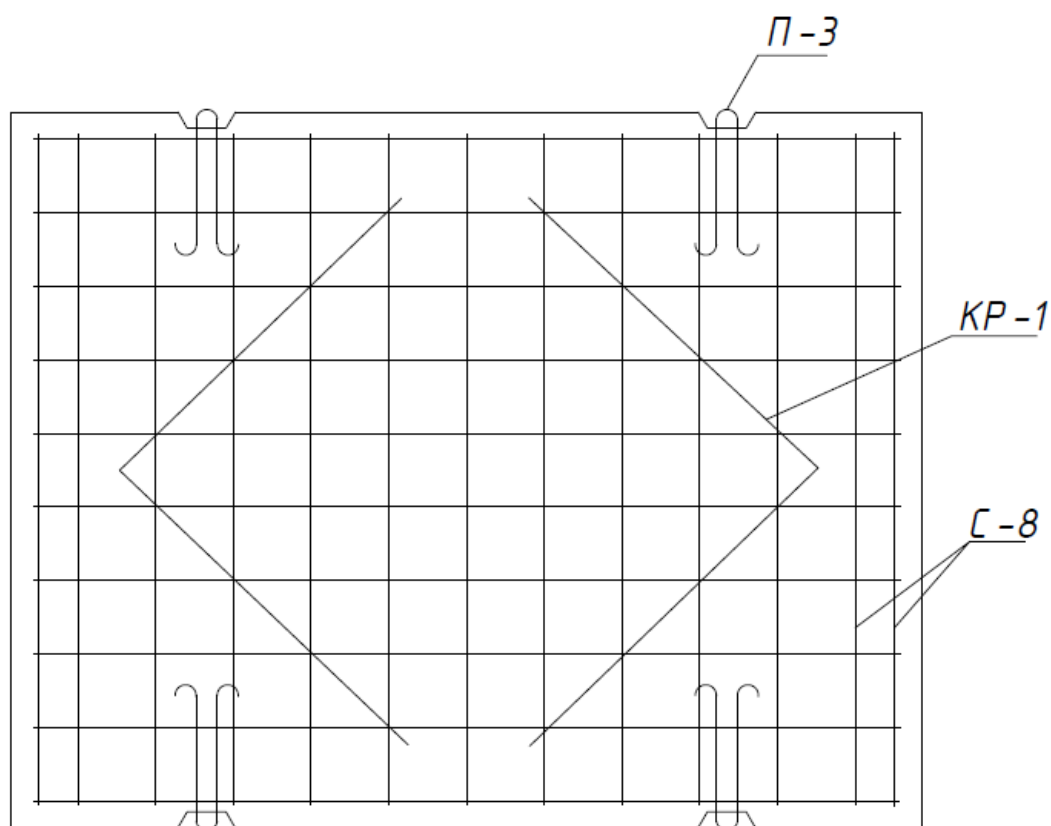


Рисунок 4 – Схема армирования дорожной плиты 1П35.28–30

Формование изделий

Технологический процесс формования состоит из следующих операций:

- укладки бетонной смеси и ее распределения по форме;
- уплотнение смеси;
- укладка смеси;
- укладка арматуры и бетонной смеси, а также ее уплотнения;
- отделки поверхностей изделий при формовании.

Формование изделий осуществляется вибрационным способом.

Способ формования выбирают исходя из вида изделий, характеристики бетонной смеси и принятой технологии изготовления с учетом требований к

их качеству, технике безопасности, охране окружающей среды, принимая во внимание необходимость экономии материальных, трудовых и топливно-энергетических ресурсов.

Для облегчения производства и удаления ручного труда смесь распределяется при помощи питателей которые входят в конструкцию бетоноукладчика.

Укладку бетонной смеси необходимо проводить непрерывно. Время вынужденного перерыва при укладке не должно превышать времени начала схватывания цемента. Укладка бетонной смеси производится послойно. Каждый слой вибрируется.

Режимы формования изделий должны обеспечивать коэффициент уплотнения бетонных смесей $K_u=0,98$ при использовании смесей марок по удобоукладываемости П2–П5 и не менее $K_u=0,96$ для менее подвижных, жестких и мелкозернистых бетонных смесей [11].

Уплотнение бетонной смеси ведется (не менее 45 сек.) до прекращения оседания бетонной смеси, появления цементного молочка на поверхности заформованного изделия, прекращения выделения воздушных пузырьков.

Сразу после завершения формования изделия, тщательно очищают закладные элементы от остатков бетонной и растворной смеси.

Тепловая обработка изделий

Тепловая обработка изделий должна обеспечивать установленное качество изделий с соблюдением всех нормативных документов и значений прочности бетона при затратах в пределах экономичного производства.

При применении передовых способов ТО гарантируется рациональные затраты тепловой энергии на основе подбора режима термической обработки при заданном процессе изготовления изделий, развитие термических установок, применение химических добавок и вяжущих для ускорения

твердения бетона, так же введение автоматизированных систем руководства ТО.

Тепловые агрегаты

Вид теплового агрегата (камеры периодического или непрерывного действия: ямные, туннельные, щелевые; термоформы, кассеты, стенды, гелиоформы и т.п.) и теплоносителя (водяной пар, горячая вода, электроэнергия, горячий воздух, продукты сгорания природного газа, высокотемпературные масла, солнечная энергия и т.п.) следует выбирать исходя из технико-экономической целесообразности в зависимости от типа технологических линий (конвейерные, поточно-агрегатные, кассетные, стендовые), конструктивных особенностей изделий и климатических условий в соответствии с действующей нормативно-технической документацией.

Повышение эффективности теплового агрегата обеспечивают за счет интенсификации между изделиями и общей средой, максимального снижения непроизводительных потерь и нагрева конструкций самого агрегата, за счет увеличения коэффициента заполнения агрегата, утилизации всех видов «тепловых отходов» (конденсата, горячего воздуха, газов) процесса ТО.

ТО изделий из тяжелого бетона допускается производить в любых тепловых агрегатах. Тепловые агрегаты должны быть оборудованы надежной запорно-регулирующей арматурой, а также приборами автоматического учета расхода тепловой энергии и автоматизированными системами управления ТО [12].

Общий вид ямной камеры ТВО представлен на рисунке 5.

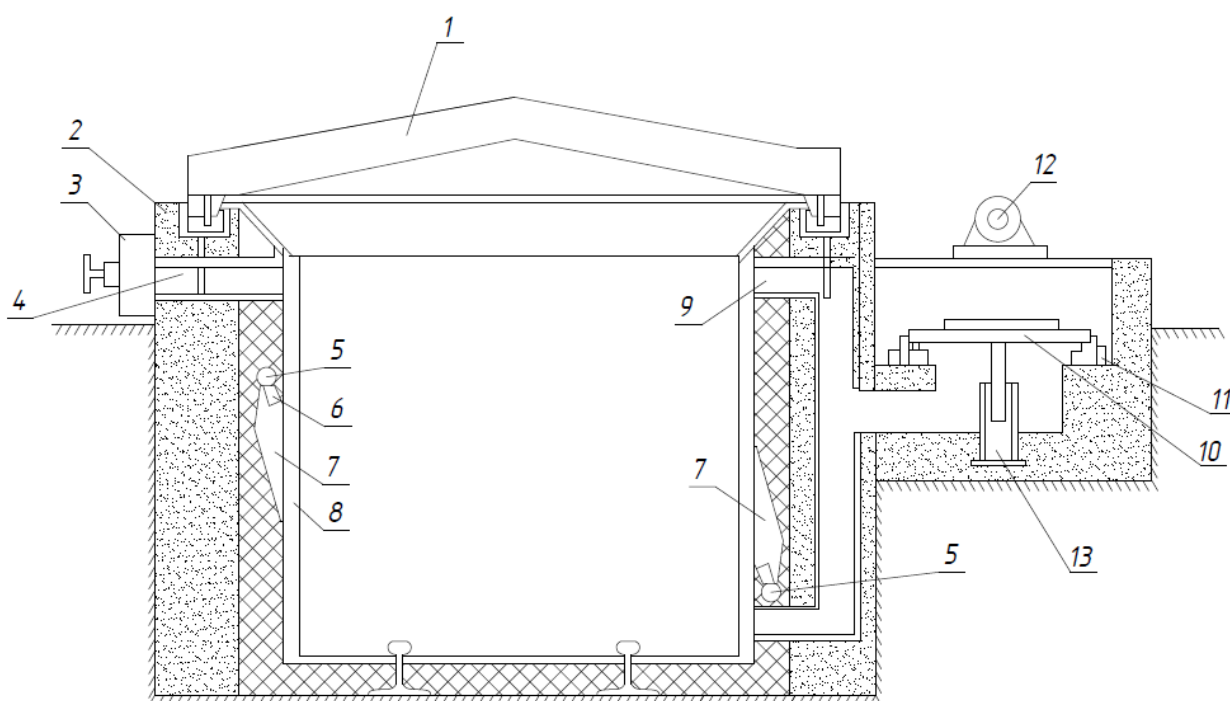


Рисунок 5 – Общий вид ямной камеры ТВО: 1 – Крышка камеры; 2 – Гидрозатвор камеры; 3 – Вентиляционное отверстие; 4 – Крышка вентотверстия с уплотнителем; 5 – Распределительный паропровод; 6 – Паровыпускное устройство; 7 – Ниши для паровыпускного устройства; 8 – Защитные рёбра; 9 – Вентиляционный канал; 10 – Вентиляционный клапан; 11 – двойной гидрозатвор вентиляционного клапана; 12 – Привод вентиляционного клапана; 13 – Направляющая

Режимы тепловой обработки

Режим тепловой обработки осуществляется системами автоматического управления процессом по заранее выбранной программе или при помощи специалиста.

Для получения качественной продукции учитываются многие факторы, исходя из которых выбирается режим тепловой обработки. Важны следующие параметры: характеристики теплоносителя, вид бетона и конструкция установки; теплофизические и геометрические размеры изделия, потери тепла в промежутки нагрева, прогрева, остывания,

перемещения изделия из установки, внешней температуры, времени выдерживания изделия.

При назначении длительности изотермического прогрева изделий необходимо учитывать рост прочности бетона при их выдерживании в тепловых агрегатах без дополнительного теплоподвода (или с теплоподводом для компенсации теплопотерь), в период межсменных перерывов, во время выполнения доводочных работ в цехе и хранении на утепленных складах.

Максимальная температура изотермического прогрева для изделий из тяжелого бетона на портландцементе не должна превышать 80–85 °С.

Относительную влажность среды в тепловых установках в период изотермического прогрева изделий из тяжелого бетона необходимо обеспечить не ниже 90%. При относительной влажности среды менее 80% следует предусматривать мероприятия для защиты бетона изделий от испарения влаги (увлажнение среды, применение пленкообразующих либо вводимых в бетонную смесь депрессоров).

Скорость снижения температуры среды в тепловых установках (ямных камерах) после изотермического прогрева в период остывания изделий из тяжелого бетона должна быть не более 30 °С/ч. При выгрузке изделий из тепловых установок температурный перепад между поверхностью изделий и окружающей средой не должен превышать 40 °С.

В теплый период года при наличии соответствующих производительных условий и экономической целесообразности рекомендуется применять естественное твердение бетона изделий [12].

Распалубка изделий

Распалубку изделий следует производить после достижения бетоном распалубочной прочности, равной не менее 70% от проектного класса (марки) по прочности на сжатие.

Над изделием после распалубки производят финальную обработку на постах доводки. Такая обработка обеспечивает соблюдение соответствия технической документации изделия, стандартами, и проектных документов.

Далее производят контроль и испытания изделий для установки соответствия стандартов и проектной документации на посту приемки изделий.

Если изделия по результатам испытаний не соответствует стандарту, то производство останавливают и принимают меры по устранению дефектов в работе оборудования или пересчет линии для обеспечения получения изделий установленного качества.

После данных операций изделие маркируется с соблюдением всех стандартов и на каждое изделие выдается сертификат или паспорт о качестве продукции в соответствии с требованиями. Такой документ предоставляется потребителю со всеми печатями и гарантией от производителя.

Документ о качестве должен храниться на строительной площадке, а по окончании строительства – у заказчика. На предприятии-изготовителе должен храниться дубликат этого документа или фиксироваться в журнале сведения о его выдаче (с записью данных содержащихся в документе) [29].

Строповка дорожных плит

Стропуют дорожные плиты четырьмя гибкими стропами (4СК), выполненными из стальных канатов, оснащённых карабинами на концах. Эти канаты крепят к крюку мостового крана. Общее сопротивление разрыву канатов должно превышать силу тяжести плиты. Для обеспечения запаса прочности, расчёт ведётся на 3 каната. Стропы должны соответствовать требованиям ГОСТ 25573–82. Схема строповки дорожных плит изображена на рисунке 6.

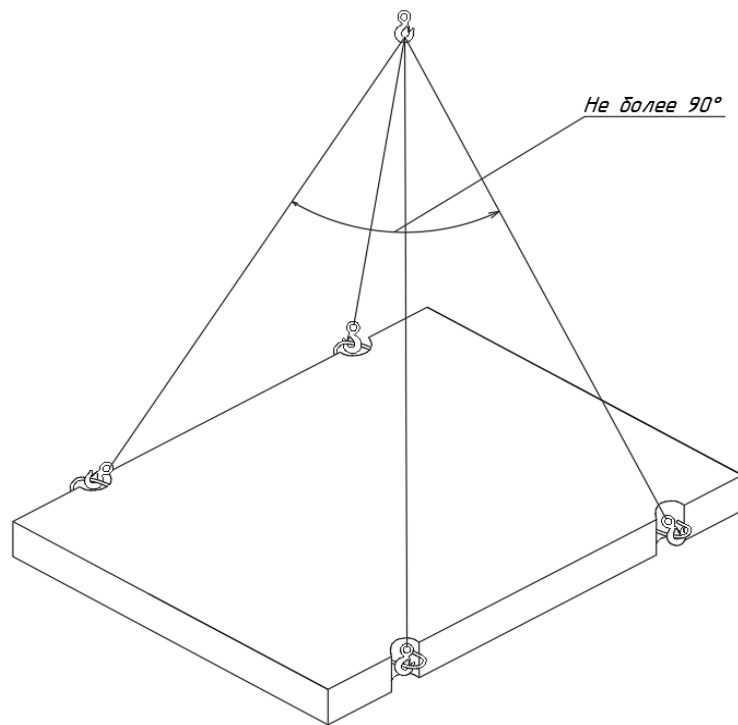


Рисунок 6 – Схема строповки дорожных плит

Маркировка

Маркировочные надписи и знаки следует наносить на боковой или торцевой гранях каждой плиты.

Кроме основных фактических показателей качества, в документе дополнительно должны быть приведены:

- марки бетона по морозостойкости;
- марка бетона по водонепроницаемости;
- водопоглощение бетона.

Маркировочные надписи должны содержать:

- марку изделия;
- товарный знак или краткое наименование предприятия-изготовителя;
- штамп технического контроля.

Информационные надписи должны содержать:

- дату изготовления изделия;
- значение массы изделия

Монтажные знаки должны указывать:

- место строповки изделия;
- место центра тяжести (при необходимости);
- верх изделия;
- место опирания изделия;
- установочные риски на изделии [13].

Маркировка дорожных плит, производимых на данном предприятии, должна иметь вид:

1ПД35.28 – 30 F150 W2,

где 1 – обозначение плит для постоянных дорог;

35 – длина плиты в дециметрах;

28 – ширина плиты в дециметрах;

30 – класс бетона;

F150 – марка плиты по морозостойкости;

W2 – марка плиты по водонепроницаемости.

Складирование, хранение и транспортирование изделий

Принятые ОТК готовые изделия, рассортированные по видам, маркам и партиям, должны храниться горизонтально в штабелях в специально оборудованных складах готовой продукции, высота штабеля не должна превышать 2,0 м.

При температуре наружного воздуха менее 0°С распалубленные и принятые ОТК изделия до вывоза на склад готовой продукции необходимо хранить в помещениях цеха не менее 6 ч при температуре не менее 10°С.

Готовые изделия следует складировать, хранить и транспортировать по разработанным и утвержденным схемам в соответствии с требованиями стандартов или ТУ на изделиях конкретных видов. Высота штабелирования изделий при хранении в горизонтальном положении не должна превышать 2,5м [13].

Схема складирования дорожных плит представлена на рисунке 7.

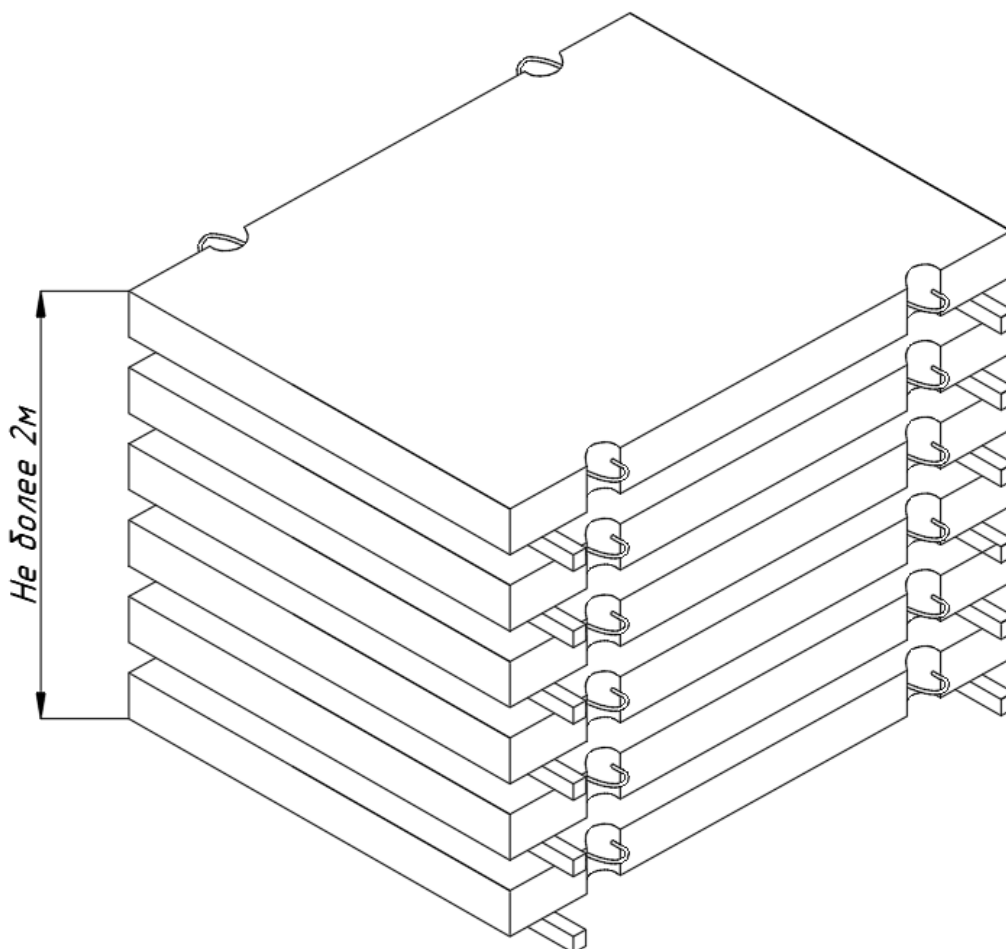


Рисунок 7 – Схема складирования дорожных плит

2.2 Расчёт состава бетона

Состав подбирается для производства плит нижнего слоя двухслойных покрытий 1П35.28, класс прочности – В30.

Расчет и подбор состава бетонной смеси производится методом “абсолютных объёмов” на 1 м^3 бетона.

При проектировании состава бетона необходимо знать класс бетона, назначение бетона, характеристики сырьевых материалов, которые заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Характеристики сырьевых материалов

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
Цемент		
Наименование цемента	–	Портландцемент
Марка цемента		Цем I 42,5Н
Прочность цемента на сжатие	МПа	42,5
Прочность цемента на растяжение при изгибе	МПа	
Нормальная густота	%	30
Истинная плотность	г/см ³	3,1
Насыпная плотность	г/см ³	1,2
Песок		
Вид песка		Природный
Истинная плотность	г/см ³	2,48
Насыпная плотность	г/см ³	1,603
Модуль крупности	–	1,97
Крупный заполнитель		
Вид крупного заполнителя	–	Щебень
Марка по дробимости		D1200
Насыпная плотность	г/см ³	1,48
Истинная плотность	г/см ³	2,67
D наиб.	мм	20
Химические добавки		
Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
Пластифицирующие		Техно Флоу 60
Расход по массе цемента	%	0,2
Воздухововлекающие		Центрамент Эйр 202
Расход по массе цемента	%	0,2

1. Определяем водоцементное отношение для бетона требуемой проектной прочности на сжатие по формуле:

$$В/Ц = (А \cdot R_{ц}) / (R_{б} + C \cdot А \cdot R_{ц}) = (0,5 \cdot 42,5) / (39 + 0,5 \cdot 0,5 \cdot 42,5) = 0,428$$

где R_b – прочность бетона при сжатии, МПа;

R_c – прочность цемента при сжатии, соответствующая марке (активности), МПа;

A – эмпирический коэффициент, зависящий от вида крупного заполнителя, его качества, В/Ц и применения воздухововлекающих добавок;

$$C = 0,5.$$

2. Количество воды (V) определяем ориентировочно, учитывая заданную марку бетонной смеси по удобоукладываемости и характеристики исходных материалов (табл. 4). Марка бетонной смеси по удобоукладываемости – П1, $D_{\text{наиб}}$ щебня – 20мм.

Ориентировочный расход воды равен 190 л.

Таблица 4 – Ориентировочный расход воды для бетонной смеси

Марка бетонной смеси по удобоукладываемости	Жёсткость, с	Подвижность, ОК см	Расход воды, л/м ³ при крупности щебня, мм
			20
П1	–	1...4	190

Так как при производстве применяются пластифицирующие и воздухововлекающие добавки, расход воды уменьшаем на 10%:

$$V_{\phi} = 0,9 \cdot V = 0,9 \cdot 190 = 171 \text{ л}$$

3. Вычисляем расход цемента (Π) в кг на 1м³ бетонной смеси по формуле:

$$\Pi = V_{\phi} / (B/\Pi) = 171 / 0,426 = 399 \text{ кг}$$

4. Вычисляем расход заполнителей в кг на 1 м^3 бетонной смеси по формуле:

а) крупного заполнителя (щебня):

$$\text{Щ} = 1000 / ((V_{\text{пуст}} \cdot \alpha / \rho_{\text{нас}}) + (1/\rho_{\text{щ}})) = 1305 \text{ кг}$$

Пустотность щебня определяем по формуле:

$$V_{\text{пуст}} = (1 - \rho_{\text{нас}}/\rho_{\text{щ}}) = 0,446$$

где $V_{\text{пуст}}$ – пустотность крупного заполнителя (в долях его объёма);

α – коэффициент раздвижки зёрен заполнителя;

$\rho_{\text{нас}}$ – насыпная плотность крупного заполнителя, г/см^3 ;

$\rho_{\text{щ}}$ – истинная плотность крупного заполнителя, г/см^3 .

б) Мелкого заполнителя (песка):

$$\text{П} = (1000 - (\text{Щ}/\rho_{\text{щ}} + \text{В} + \text{Щ}/\rho_{\text{щ}} + V_{\text{возд}}) \cdot \rho_{\text{п}} = 400 \text{ кг}$$

где Щ – расход цемента, кг;

В – расход воды, л;

Щ – расход крупного заполнителя, кг;

$\rho_{\text{ц}}$ – истинная плотность цемента;

$\rho_{\text{щ}}$ – истинная плотность зёрен щебня, г/см^3 ;

$\rho_{\text{п}}$ – истинная плотность зёрен песка, г/см^3 ;

$V_{\text{возд}}$ – объём вовлечённого воздуха, л.

5. Определяем количество добавок на 1 м^3 бетонной смеси из расчёта введения пластифицирующей добавки ТФ (ТехниФлоу) = 0,2 % от массы цемента и воздухововлекающей добавки ЦЭ (ЦентраментЭйр) = 0,2% от массы цемента (в пересчёте на сухое вещество).

$$ТФ = Ц \cdot Д/100 = 0,8 \text{ кг}$$

$$ЦЭ = Ц \cdot Д/100 = 0,8 \text{ кг}$$

Вычисляем плотность бетонной смеси:

$$\rho_{бс} = Ц+П+Щ+В = 2270 \text{ кг/м}^3$$

Результаты расчётов заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Состав бетона на 1 м³

Материалы	Расход материалов для бетонной смеси на 1 м ³ , кг
Цемент	399
Вода	171
Песок	400
Щебень	1305
ТФ	0,8
ЦЭ	0,8

2.3 Технология изготовления дорожных плит

Описание цикла производства

В состав технологической линии входят следующие основные агрегаты: бетоноукладчик, виброплощадка, формоукладчик (мостовой кран), ямная камера тепловлажностной обработки, а также посты распалубки, чистки и смазки форм, резервных форм и готовых изделий (в зимнее время), ремонта форм и доводки изделий, стенд для испытания готовых изделий, пост складирования арматуры, станки для резки, гибки и сварки арматуры.

Технологическая схема производства дорожных плит изображена на рисунке 8.

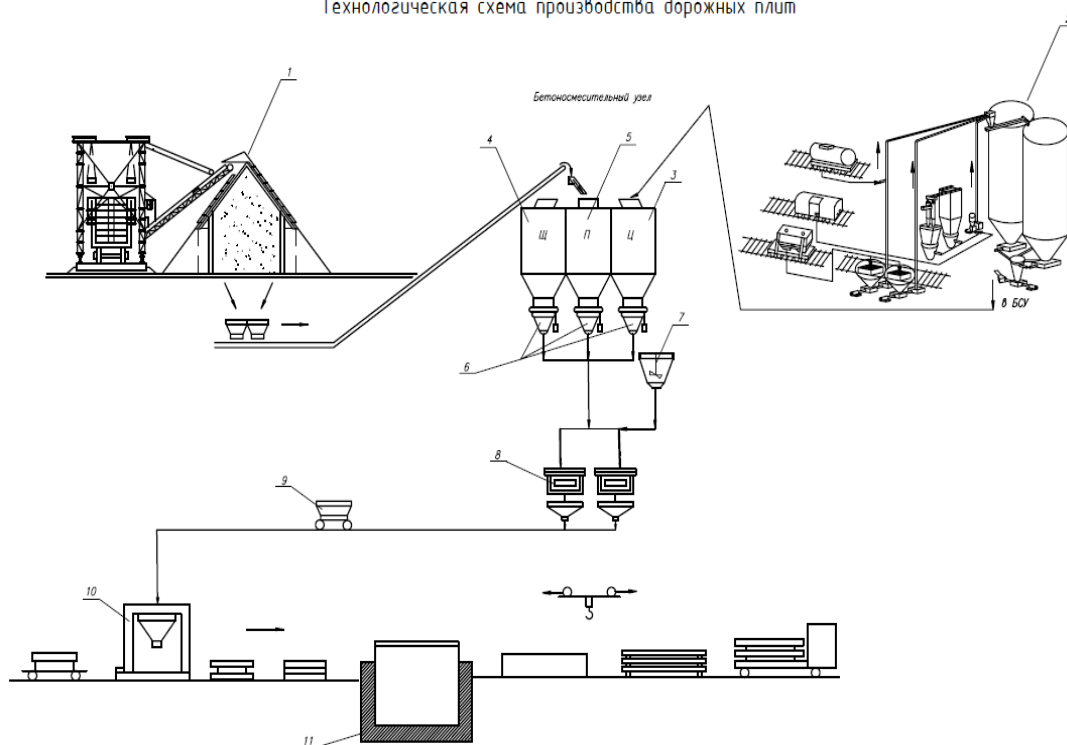


Рисунок 8 – Технологическая схема производства дорожных плит: 1– Склады заполнителей; 2 – Силосы цемента; 3 – Приёмный бункер для цемента; 4 – Приёмный бункер для щебня; 5 – Приёмный бункер для песка; 6 – Весовые дозаторы; 7 – Мешалка для жидкости; 8 – Бетоносмесители; 9 – Бетоноприёмник; 10 – Бетоноукладчик; 11 – Ямная пропарочная камера

Сырьевые материалы необходимые для производства дорожных плит доставляются автомобильным транспортом. Песок и щебень доставляют с карьера Берёзовского месторождения. Цемент доставляется с завода ООО «КРАСНОЯРСКИЙ ЦЕМЕНТ».

Для обеспечения правильного складирования цемент хранится в силосном складе, крупный и мелкий заполнители – в эстакадно-полубункерных складах. Силосный склад представлен в виде большой банки с вместимостью около 120 м³, как правило такие склады устраивают не по одиночке а парами для хранения цемента разного класса и локализуется рядом с дорогой для экономии времени на заполнение. Цемент привозят спец. транспортом (цементовозы) и выгружают в разгрузочные бункеры,

далее при помощи винтового пневматического подъемника цемент попадает в распределительный узел, который сортирует цемент по силосам. При транспортировке цемента воздухом частицы цемента распыляются и создают условия взрыва, для предотвращения этого в силосах устанавливают вентилятор с фильтрами для отсоса воздуха. Для избежания слеживания цемента силосы оборудуют системой аэрации или рыхлителями.

Для крупного и мелкого заполнителя применяются эстакадно-полубункерные склады. Это бункеры, которые частично углублены. Под такими бункерами располагается наклонная галерея с ленточными конвейерами. Доставляют заполнители самосвалами и выгружают в приемные бункера, из которых в свою очередь они поступают на склад по конвейеру. Со складов заполнитель при необходимости фракционируют и доставляют конвейером в расходные бункера бетоносмесительной установки.

Компоновка бетоносмесительного цеха – вертикальная, при которой всё оборудование располагается на перекрытиях здания. При такой компоновке необходим лишь однократный подъем материалов на высоту 22 метра. Также преимущество данной компоновки состоит в том, что затрачивается минимальная производственная площадь.

Общий вид бетоносмесительной установки представлен на рисунке 9.

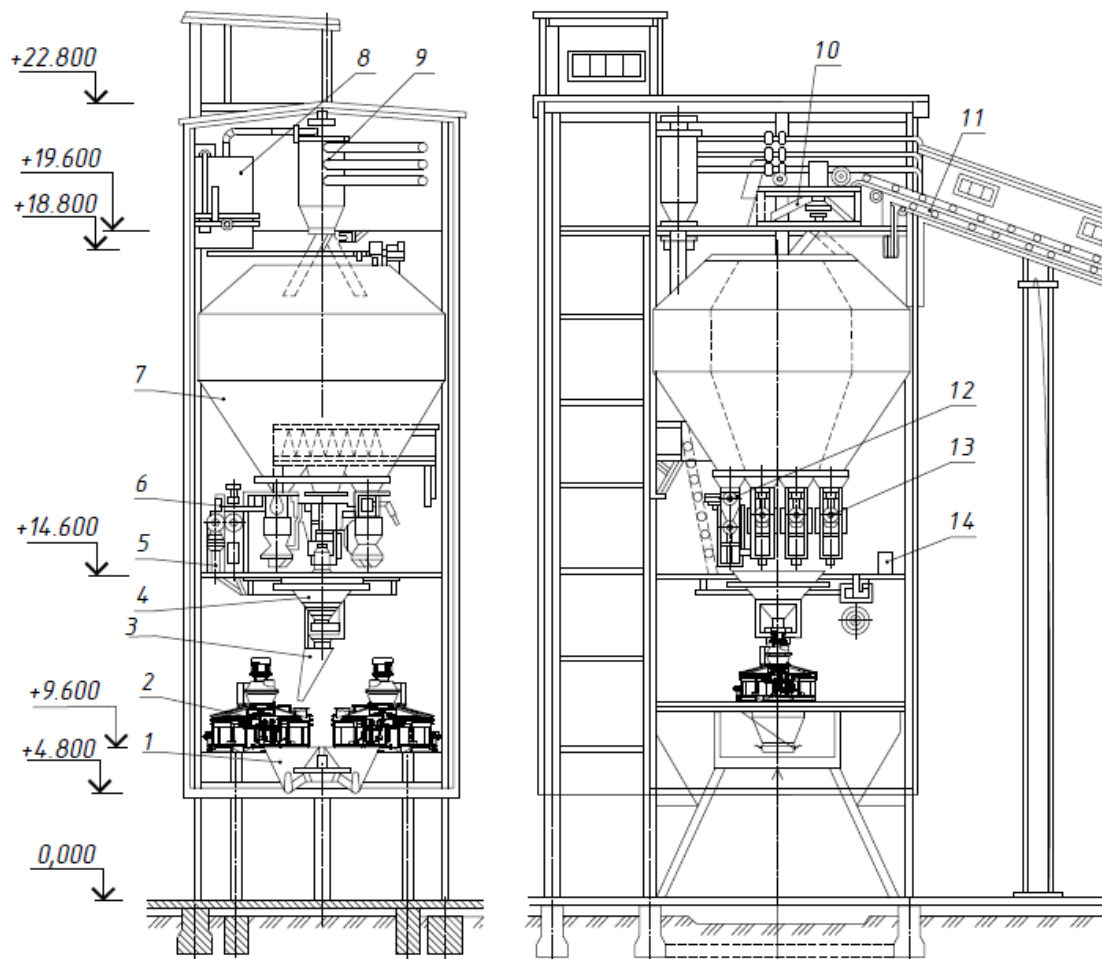


Рисунок 9 – Общий вид бетоносмесительной установки: 1 – Раздаточный бункер; 2 – Бетоносмеситель; 3 – Поворотная воронка; 4 – Сборный бункер; 5 – Дозатор песка; 6 – Дозатор воды; 7 – Расходный бункер; 8 – Рукавный фильтр; 9 – Циклон; 10 – Поворотная воронка; 11 – Ленточный конвейер; 12 – Дозатор цемента; 13 – Дозатор щебня; 14 – Пульт управления

Песок и щебень посредством ленточных конвейеров доставляются к поворотной воронке, через которую распределяются по расходным бункерам. В расходных бункерах под крупный заполнитель выделяется четыре отсека, в то время как для цемента и песка выделяется по два. Чтобы обеспечить легкое и свободный перенос сырьевых материалов используют силу тяжести, для ускорения движения материалов поверхности транспортировки устраивают под увеличенными углами. Чтобы материалы во время движения не прилипали к поверхностям, на стенки бункеров устанавливают навесные

вибраторы. В зимнее время материал подогревается при помощи паровых труб, установленных по периметру бункера.

Под бункерами находятся дозаторы с емкостями для воды и добавок. Для сыпучих материалов применяются весовые дозаторы, а для воды с разбавленными добавками дозаторы объемные. Отдозированные материалы последовательно поступают в бетоносмеситель принудительного действия. Сначала в бетоносмеситель поступают песок, щебень и цемент и перемешиваются 60 секунд. Вода и добавки смешиваются в отдельном смесителе 30 секунд, после чего в 2 подхода поступают в бетоносмеситель, и все компоненты смешиваются не менее 90 секунд.

Общий вид весового дозатора цемента представлен на рисунке 10.

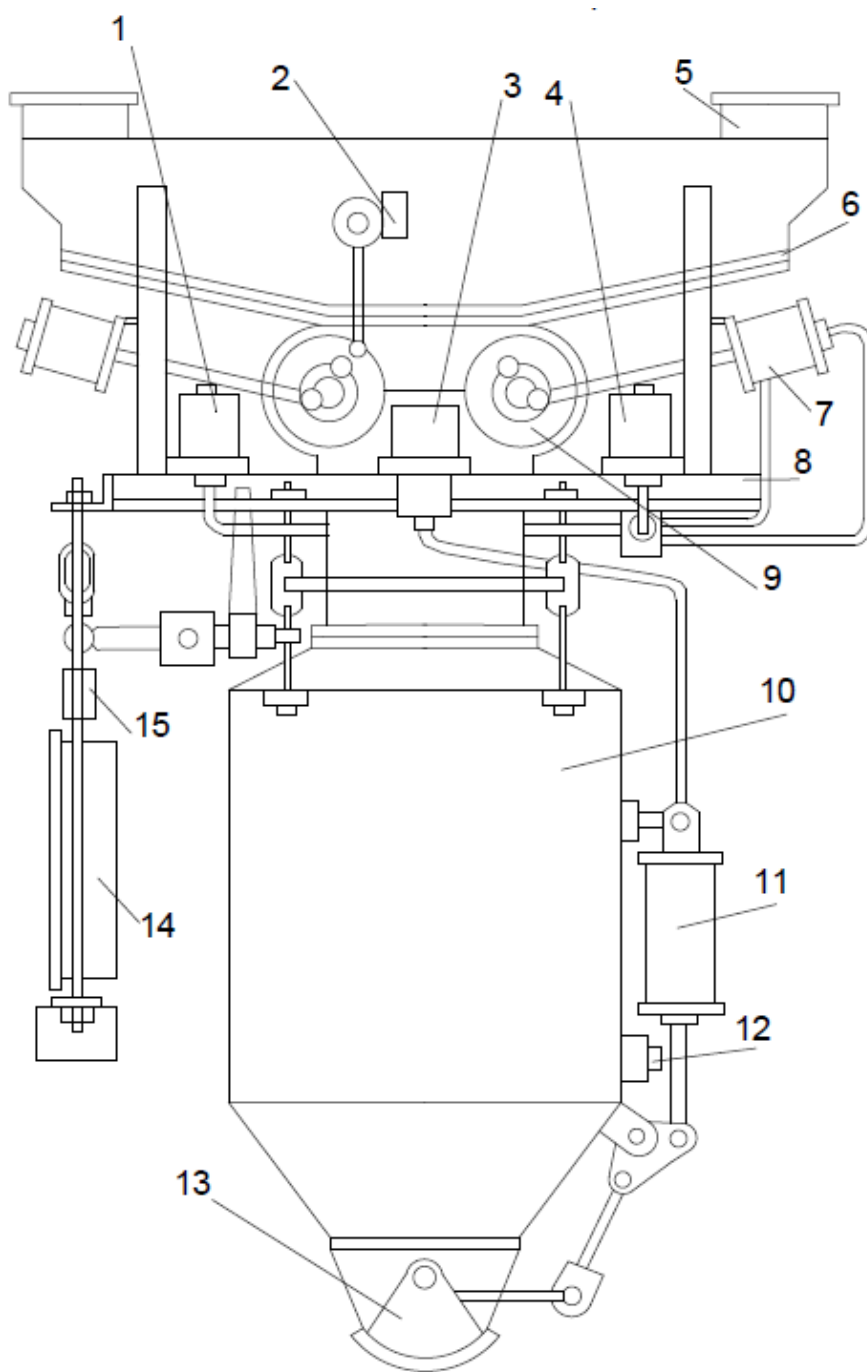


Рисунок 10 – Общий вид весового дозатора цемента: 1 – Электропневматический клапан; 2 – Конечный выключатель; 3 – Электропневматический клапан; 4 – Электропневматический клапан; 5 – Пневмопитатель; 6 – Аэроплитка; 7 – Пневмоцилиндр; 8 – Рама; 9 – Входной затвор; 10 – Бункер; 11 – Цилиндр; 12 – Рычаги; 13 – Выходной затвор; 14 – Весовой прибор; 15 – система рычагов

Готовая бетонная смесь поступает в раздаточный бункер, который на самоходной тележке по рельсовым путям перемещается к бетоноукладчику. Далее начинает свою работу бетоноукладчик, который одновременно с укладкой бетонной смеси формует изделие при помощи разравнивающей рейки, вибронасадки и смазывающего материала поверхности бетона. Форму размещают на виброплощадке с уложенным арматурным каркасом и укладывают нижний слой бетонной смеси, далее уложенный слой вибрируется в течении 1 минуты. После вибрирования нижнего слоя устанавливают монтажные петли П-3 (4 шт.). Петли фиксируют при помощи крепежных устройств во избежание смещения элементов. Следующим этапом является укладка верхнего слоя бетонной смеси и установка пригрузочного щита для уплотнения. По завершению уплотнения свежееуложенного бетона щит поднимают и бетоноукладчик разравнивает поверхность. Монтажные петли освобождают от вручную.

С формовочного поста форму при помощи мостового крана загружают в ямную камеру для ТВО. Изделия выдерживают по следующему режиму ТВО: предварительная выдержка – 2 часа; подъём температуры – 2 часа; изотермический прогрев при температуре 70 °С – 5 часов; остывание до температуры 20–25 °С – 2 часа. По завершению ТВО крышку ямной камеры поднимают мостовым краном и перемещают изделия на пост распалубки. После изделия направляют на пост доводки.

На посту доводки изделия принимают, производят технический контроль и маркировку. После изделие высушивают в естественных условиях и производят финальный контроль и доставляют на склад готовой продукции.

Использованную форму перемещают на пост очистки и смазки где форму очищают от остатков бетона скребком и наносят пульверизатором смазку, после поста очистки и смазки форма попадает на пост армирования.

На посту армирования в форму укладывают подготовленные арматурные сетки марки С8 (2 шт.), арматурные каркасы марки К1 (2 шт.).

Плоские каркасы и арматурные сетки изготавливают в арматурном цеху, рядом с которым расположен склад арматуры. Запасы арматуры пополняются при помощи автомобильного транспорта с которого она выгружается мостовым краном и складывается в штабелях с прокладками из дерева. В цех сталь попадает на самоходных тележках где ее режут на отрезном станке и изготавливают каркасы К-1 и сетки С-8. Стержневая сталь так же поступает в арматурный цех и предназначена для изготовления монтажных петель ПЗ и каркасов К-1.

Готовые сетки и каркасы подвергаются контролю и отправляются в формовочный цех на самоходной тележке к посту армирования, там мостовым краном их укладывают в формы. После чего форму при помощи мостового крана перемещают на пост формования.

Тепловлажностная обработка

Заключительной операцией технологии производства железобетонных изделий является твердение отформованных изделий. Отпускная прочность дорожных плит должна составлять 70% от проектной (28-суточной) прочности. Подразумевается, что оставшуюся прочность изделие наберёт в процессе транспортировки и монтажа, но до загрузки его эксплуатационной нагрузкой.

Существует 3 основных режима твердения изделий: в нормальных условиях (при $t=15-20$ °С и 100% влажности); тепловлажностная обработка (при t до 100 °С, 100% влажности и нормальном давлении); автоклавная обработка (при t до 175–200 °С, 100% влажности и давлении 0,8–1,5 Мпа). Обязательным условием любого режима твердения является влажность среды близкая к 100%, это необходимо для предотвращения испарения воды,

что может повлечь за собой нарушение процессов гидратации, а следовательно снижение качества готовой продукции.

При производстве дорожных плит целесообразно применять именно тепловлажностную обработку, т.к. при данном режиме твердения изделия набирают прочность значительно быстрее нежели в нормальных условиях твердения, а капитальные затраты на организацию данного режима обработки ниже, чем на организацию автоклавного режима обработки. Целесообразнее всего использовать ямные камеры тепловлажностной обработки, т.к. площадь, отводимая для их устройства, минимальна, также в них можно обрабатывать изделия различной конфигурации. Данный вид камер имеет глубину 2 метра и на 0,5 метра выступает над уровнем пола цеха. Эффективность камеры будет максимальная, если её размеры в плане будут соответствовать размерам производимого изделия, но при этом количество камер будет большим, что увеличит капитальные затраты на их устройство. Исходя из всего этого наиболее целесообразным является устройство камер с размерами в плане равными размерам двух изделий. Ямные камеры оснащены крышками с теплоизоляционным слоем, который предотвращает теплопотери [14].

Формы с изделиями загружаются в камеру мостовыми кранами штабелями в несколько рядов по высоте. Каждый последующий ряд изделий устанавливается на деревянные прокладки, установленные на стенки форм нижележащего ряда.

Режимы тепловлажностной обработки в камерах характеризуются продолжительностью подъёма температуры, изотермического прогрева при максимальной температуре, охлаждения, а также максимальной температурой. В зависимости от свойств исходных материалов, вида изделия, его назначения могут применяться различные режимы тепловлажностной обработки.

На данном предприятии используется следующий режим: предварительная выдержка в течение 2 часов, подъем температуры со скоростью 25–36 °С/ч до температуры 70 °С, изотермический прогрев при максимальной температуре в течение 5 часов, остывание со скоростью 30–40 °С/ч. В сумме время, затрачиваемое на полный цикл, равно 11 часам.

2.4 Технологические расчёты

Расчёт бетоносмесителя

Компоновка бетоносмесительного узла:

Число смесителей, тип и марка определяются заданной производительностью и режимом работы предприятия.

Суммарный производственный объем смесителя (по выходу) V_n , л, находится по формуле:

$$V_n = P_{г} \cdot 10^3 \cdot k_{и} / T_{г} \cdot z = 20000 \cdot 10^3 \cdot 0,83 / 3108,6 \cdot 23 = 230 \text{ (л)},$$

где $P_{г}$ – годовая производительность завода, м³/г;

z – расчетное число замесов смесительной машины, 1/ч;

$T_{г}$ – годовой фонд рабочего времени;

$k_{и}$ – коэффициент использования оборудования ($k_{и} = 0,82–0,87$).

Расчетное число замесов определяется так:

$$z = 3600 / t_{ц},$$

где $t_{ц}$ – время рабочего цикла смесителя:

$$t_{ц} = t_1 + t_2 + [t] = 15 + 25 + 115 = 155 \text{ с},$$

где t_1 и t_2 – соответственно время загрузки и выгрузки смеси: $t_1 = 10–20$ с; $t_2 = 15–25$ с;

[t] – время приготовления компонентов, с.

Значение [t] зависит от типа и ёмкости смесителя, крупности плотности заполнителя, удобоукладываемости смеси (ГОСТ 7473–2010 «Смеси бетонные. Технические условия»).

Расчетное число замесов в час:

$$z = 3600/155 = 23 .$$

Годовой фонд рабочего времени:

$$T_r = (365 - T_v - T_t) \cdot t_{см} \cdot n \cdot k_n = (365 - 118 - 24) \cdot 8,2 \cdot 2 \cdot 0,85 = 3108,6 \text{ ч},$$

где T_v – число выходных и праздничных дней в году (118);

T_t – простои (в днях) (24);

$t_{см}$ – продолжительность смены в часах (при пятидневной неделе $t_{см} = 8,2$ ч);

n – коэффициент сменности (2);

k_n – коэффициент, учитывающий перерыв в работе по непредвиденным причинам (0,85).

Подбираем бетоносмеситель по расчётному объёму смесителя по выходу (V_n), разделённому на 2:

$$V_{n1} = V_n/2 = 230/2 = 115 \text{ л.}$$

С расчётом на все цеха предприятия выбираем бетоносмеситель принудительного действия СБ–93.

Число m смесительных машин определяем по формуле:

$$m = V_n / V_o = 230/140 = 1,64 = 2$$

где V_o – производственный объем принятого смесителя (по выходу), л.

Дробное число смесительных машин округляется до целого (с увеличением) [15].

Общий вид бетоносмесителя СБ-93 представлен на рисунке 11.

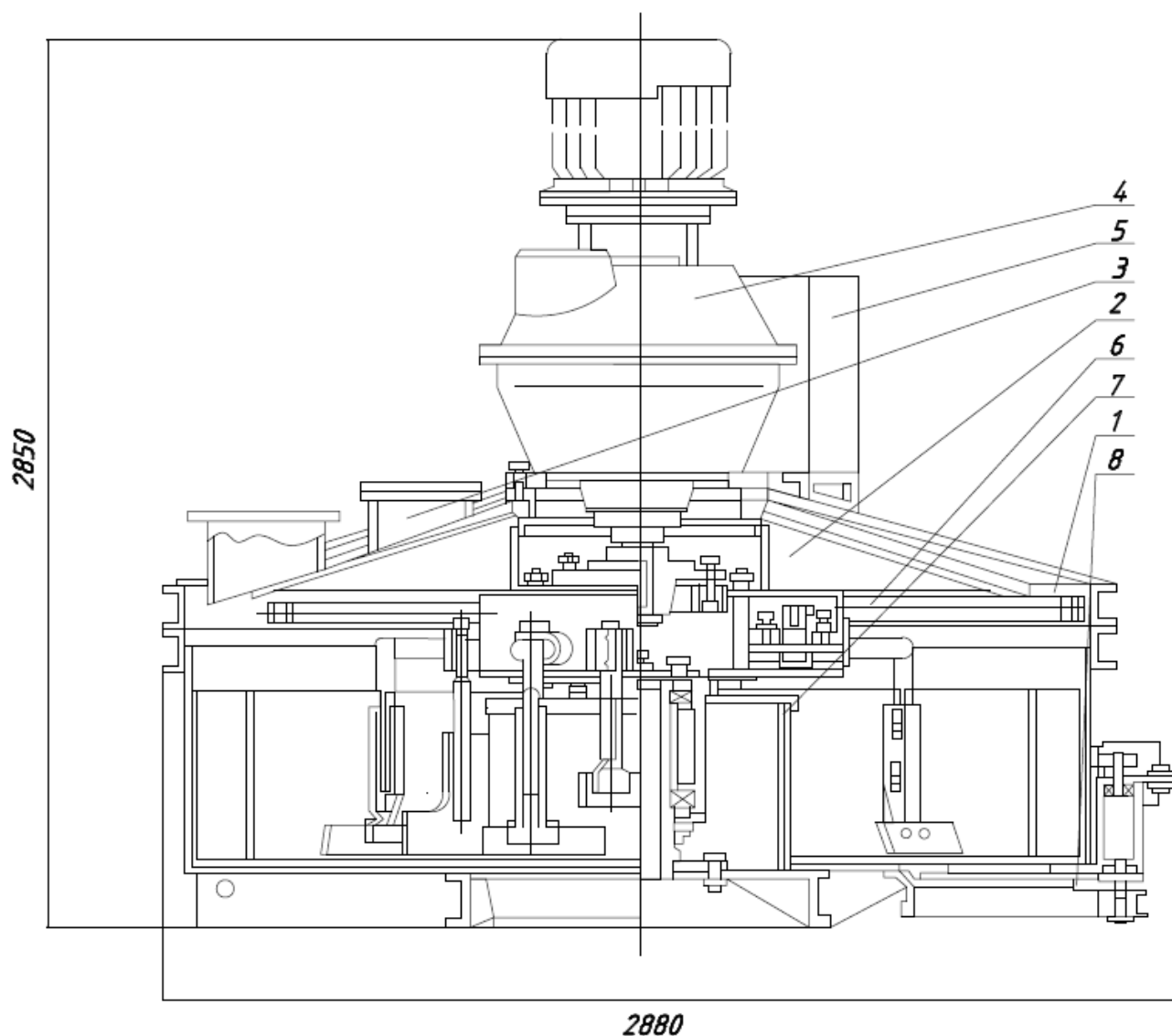


Рисунок 11 – Бетоносмеситель СБ-93: 1 – Корпус; 2 – Крышка; 3 – Патрубок вытяжной; 4 – Мотор-редуктор; 5 – Пульт управления; 6 – Стакан центральный; 7 – Труба сливная; 8 – Затвор разгрузочный

Расчёт производственной мощности формовочных линий

Производственная мощность (м^3) поточно-агрегатного способа производства рассчитывается по формуле:

$$P_a = 60 \cdot T_i \cdot E / \text{Ц} = 60 \cdot 3840 \cdot 1,63 / 15 = 25000 \text{ м}^3,$$

где 60 – количество минут в часе;

T_i – годовой фонд работы оборудования в часах с учетом планового ремонта оборудования;

Ц – цикл формования, мин;

E – средневзвешенный объем одновременно формуемых на посту изделий за цикл (объем изделий), м^3 .

Время цикла формования приведено в таблице 6.

Таблица 6 – Время цикла формования

Технологическая линия	Цикл формования, мин
Агрегатно-поточные линии с виброплощадками для формования однослойных изделий несложно конфигурации при объёме одной формовки от 1,5 до 3 м^3 при длине изделия до 6 м.	15

$$T_i = n \cdot \text{ч} \cdot (365 - \text{Б} - \text{А}) = 2 \cdot 8 \cdot (365 - 118 - 7) = 3840 \text{ ч.},$$

где n – количество смен;

ч – количество часов в смене;

Б – выходные и праздничные дни;

А – затраты рабочего времени на ремонт оборудования, сут.

Затраты рабочего времени на ремонт оборудования приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Длительность плановых остановок на ремонт

Технологическая линия	Длительных плановых остановок на ремонт, сут
Агрегатно-поточная линия, оборудованная виброплощадками грузоподъёмностью не более 10т	7

Количество камер (шт.) при работе формовочного цеха:

$$P_k = 60 \cdot \text{ч} \cdot T_z / 24 \cdot \text{Ц} \cdot m = 60 \cdot 16 \cdot 16 / 24 \cdot 15 \cdot 6 = 8 \text{ шт.},$$

где ч – количество рабочих часов в сутках (16 часов – при двухсменной работе предприятия);

T_z – средняя продолжительность оборота камер, ч. T_z для изделий из тяжелого бетона при двухсменном формовании принимаем равным 16 ч;

m – количество изделий в одной камере.

Режим тепловлажностной обработки приведён в таблице 8.

Таблица 8 – Расчётный режим тепловой обработки изделий из тяжёлого бетона

Операция	Длительность, ч
Предварительная выдержка	2
Поднятие температуры	2
Изотермический прогрев	5
Остывание	2

Данный режим ТВО соответствует графику, изображённому на рисунке 12. Температура изотермического прогрева дорожных плит – 70 °С.

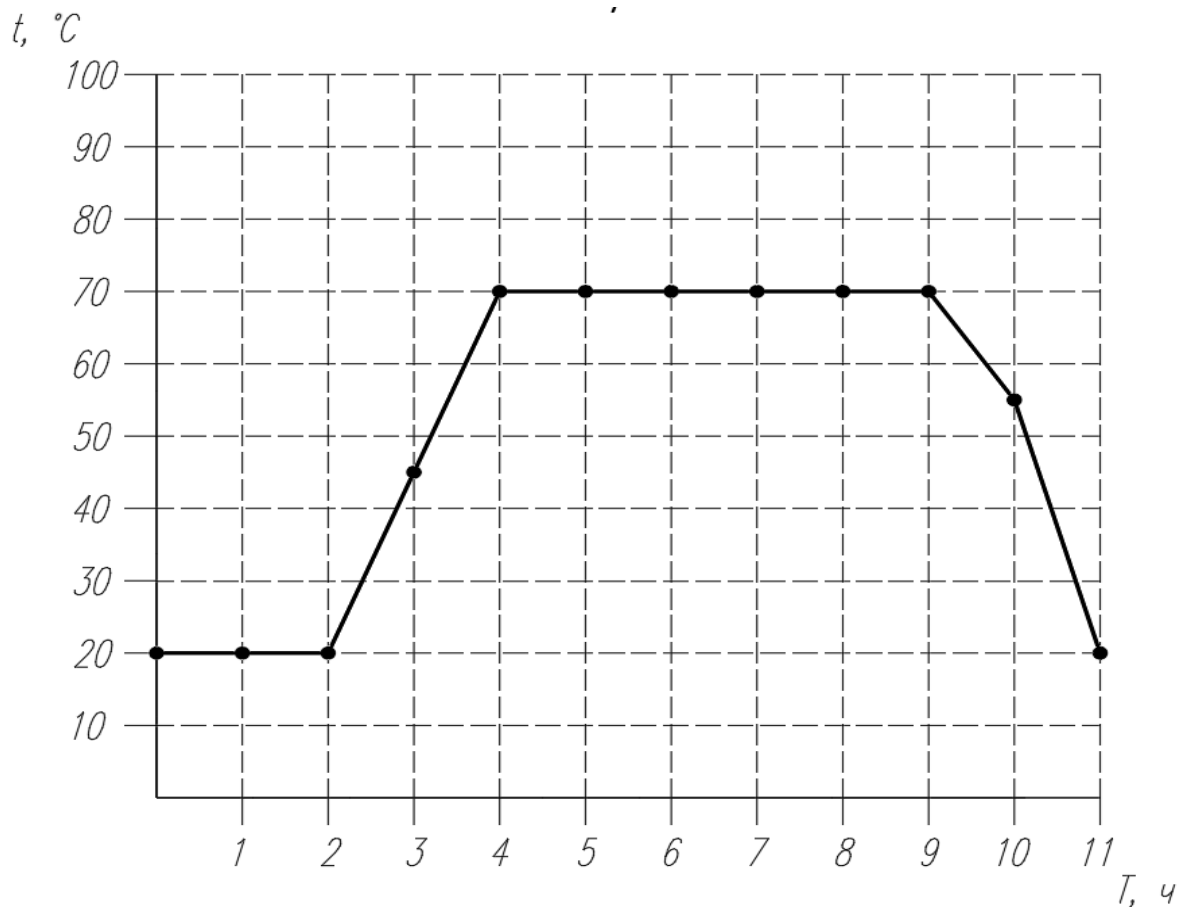


Рисунок 12 – График тепловлажностной обработки дорожных плит

Количество форм (шт.) для одной поточно-агрегатной линии, оснащенной ямными камерами:

$$P_{\phi} = 1,05 \cdot 2,5 \cdot \text{ч} \cdot T_{\text{об.ср}} / \text{Ц} = 1,05 \cdot 2,5 \cdot 16 \cdot 17,25 / 15 = 49$$

где 1,05 – коэффициент запаса форм на ремонт;

ч – количество рабочих часов в сутках;

$$T_{\text{об.ср}} = T_3 + (t + \Sigma t_{\phi}) = 16 + (0,75 + 0,5) = 17,25$$

где $T_{\text{об.ср}}$ – среднее время оборота формы, ч;

T_3 – средняя продолжительность оборота камер, ч;

t – время, необходимое для выполнения операций распалубки и подготовки формы – 0,75 ч;

Ц – цикл формования, мин.

$t_{\text{ф}}$ – время, необходимое для выполнения всех операций, от распалубки предыдущего изделия до съема с поста формования следующего очередного изделия:

$$t_{\text{ф}} = t_{\text{тво}} + t_{\text{р}} + t_{\text{а}} + t_{\text{ф.и}} + t_{\text{в}} + t_{\text{о}} \quad t_{\text{ф}} = 11 + 0,2 + 0,05 + 0,5 + 0,1 + 0,05 = 11,9 \text{ ч}$$

где $t_{\text{тво}}$ – продолжительность режима тепловой обработки (предварительное выдерживание, подъем температуры, изотермический прогрев и остывание изделий), 11 ч;

$t_{\text{р}}$ – продолжительность распалубки, чистки и смазки формы, 0,2 ч;

$t_{\text{а}}$ – продолжительность установки и при необходимости натяжения арматуры, 0,05 ч;

$t_{\text{ф.и}}$ – продолжительность формования изделий, 0,5 ч;

$t_{\text{в}} = 0,1$ – продолжительность выгрузки форм из камеры, ч;

$t_{\text{о}}$ – продолжительность ожидания формы перед формованием, 0,05 ч.

Необходимое количество формующих агрегатов, шт:

$$n = \text{Пг} \cdot \text{Ц} / \text{Тi} \cdot 60 = 20000 \cdot 15 / 3840 \cdot 60 = 1,3 = 2 \text{ шт.}$$

где Пг – годовой выпуск изделий, м^3 ;

Ц – цикл формования, мин;

Тi – расчетный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Дробное число округляется до целого в большую сторону [16].

Расчёт потребности в сырье и материалах

Для расчёта годовой потребности в сырье используем откорректированные данные о расходе сырьевых материалов на 1 м³ бетонной смеси.

$$Ц_{г} = Ц \cdot П_{г} = 0,399 \cdot 20000 = 7987 \text{ т}$$

$$П_{г} = П \cdot П_{г} = 0,4 \cdot 20000 = 8000 \text{ т}$$

$$Щ_{г} = Щ \cdot П_{г} = 1,305 \cdot 20000 = 26100 \text{ т}$$

$$В_{г} = В \cdot П_{г} = 0,171 \cdot 20000 = 3420 \text{ л}$$

$$ТФ_{г} = ТФ \cdot П_{г} = 0,0008 \cdot 20000 = 16 \text{ т}$$

$$ЦЭ_{г} = СНВ \cdot П_{г} = 0,0008 \cdot 20000 = 16 \text{ т}$$

где Ц – расход цемента на 1 м³ бетонной смеси;

П – расход песка на 1 м³ бетонной смеси;

Щ – расход щебня на 1 м³ бетонной смеси;

В – расход воды на 1 м³ бетонной смеси;

ТФ – расход пластифицирующей добавки на 1 м³ бетонной смеси;

ЦЭ – расход воздухововлекающей добавки на 1 м³ бетонной смеси;

П_г – годовая производительность предприятия [16].

Результаты расчётов заносим в таблицу 9.

Таблица 9 – Потребность в сырьевых материалах

Объём бетонной смеси, м ³	Цемент	Песок	Щебень	Вода	ТФ	ЦЭ
1	399 кг	400 кг	1305 кг	171 кг	0,8 кг	0,8 кг
20000	8000 т	8000 т	26100 т	3420 л	16 т	16 т

Расчёт потребности в арматуре

Расчёт потребности в арматуре производится по формуле:

$$Q_{\text{год}} = Q_1 \cdot \Pi_{\Gamma} / V_i = 113,92 \cdot 20000 / 1,63 = 1400 \text{ т/год}$$

где Q_1 – масса арматурной стали, необходимой для армирования одного изделия;

Π_{Γ} – годовая производительность предприятия;

V_i – объём одного изделия [16, 27].

Расчёт складов

Склад песка

Запас песка:

$$Q_{\Pi} = \Pi_{\Gamma} \cdot \Pi \cdot n \cdot k / P = 20000 \cdot 0,4 \cdot 7 \cdot 1,02 / 240 = 237,94 \text{ м}^3$$

Расчёт объёма конусообразного склада песка:

$$V_{\Pi} = \pi \cdot H^3 / 3 \cdot \text{tg} \varphi = 3,14 \cdot 6^3 / 3 \cdot 0,839 = 269,5 \text{ м}^3,$$

где H – высота, м (6 м);

$\text{tg} \varphi$ – тангенс угла наклона, равный 0,839.

Т.к. расчётный объём конусообразного склада позволяет вместить необходимый запас песка, производим дальнейшие расчёты.

Расчёт диаметра:

$$D_{\text{п}} = 2 \cdot H / \text{tg}\varphi = 2 \cdot 6 / 0,839 = 14,3 \text{ м.}$$

Площадь основания:

$$F_{\text{п}} = \pi \cdot D^2 / 4 = 3,14 \cdot 14,3^2 / 4 = 160,6 \text{ м}^2$$

Склад щебня

Запас щебня:

$$Q_{\text{щ}} = \text{Пг} \cdot \text{Щ} \cdot n \cdot k / P = 20000 \cdot 1,305 \cdot 7 \cdot 1,02 / 240 = 776,7 \text{ м}^3$$

Расчёт объёма конусообразного склада песка:

$$V_{\text{щ}} = \pi \cdot H^3 / 3 \text{tg}\varphi = 3,14 \cdot 8,6^3 / 3 \cdot 0,839 = 793,5 \text{ м}^3$$

где H – высота, м (8,6 м);

$\text{tg}\varphi$ – тангенс угла естественного откоса щебня, равный 0,839.

Т.к. расчётный объём конусообразного склада позволяет вместить необходимый запас щебня, производим дальнейшие расчёты.

Расчёт диаметра:

$$D_{\text{щ}} = 2 \cdot H / \text{tg}\varphi = 2 \cdot 8,6 / 0,839 = 20,5 \text{ м}$$

Площадь основания:

$$F_{\text{щ}} = \pi \cdot D^2 / 4 = 3,14 \cdot 20,5^2 / 4 = 329,9 \text{ м}^2$$

Общая площадь складов заполнителей:

$$F_{\text{з}} = F_{\text{щ}} + F_{\text{п}} = 330 + 161 = 491 \text{ м}^2$$

Фактическая площадь:

$$F_f = k \cdot F_z = 1,5 \cdot 491 = 736 \text{ м}^3$$

где k – коэффициент, учитывающий проходы.

Склад цемента

Запас цемента:

$$Q_{ц} = Пг \cdot Ц \cdot n \cdot k / 0,9 \cdot P \cdot \rho_{нц} = 2000 \cdot 0,399 \cdot 7 \cdot 1,01 / (1,2 \cdot 0,9 \cdot 240) = 217,67 \text{ м}^3$$

Количество силосных банок для цемента должно быть не менее двух, чтобы избежать смешивания разных марок цемента.

Примем вместимость одной силосной банки 120 м^3 .

Количество силосных банок: $214,45 / 120 = 1,79 = 2$ шт

Характеристики выбранной силосной банки приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристики силосной банки

Наименование	Объём, м ³	Вместимость, т	Диаметр, мм	Высота, мм	Масса, кг
СЦ–120	120	156	3200	17400	12000

Расчёт склада арматурных изделий

Мощность арматурных цехов и заводов определяется в зависимости от объема потребления арматуры.

Арматурные цехи условно разделяются на три отделения:

– заготовительное (правка, резка, стыковая сварка и гибка стержневой и проволочной арматуры, заготовка напрягаемых арматурных элементов деталей);

– сварка сеток и плоских каркасов на многоточечных и однотоочечных станках, сварка закладных деталей;

– сборка объемных каркасов.

Для небольших заводов железобетонных изделий, комбинатов подсобных предприятий и полигонов мощность арматурных цехов составляет от 1 до 3 тыс. тонн арматуры в год.

Арматурные цехи располагают в небольших однопролетных цехах и оснащают универсальным оборудованием: несколькими правильноотрезными станками, механическими ножницами для резки арматуры, гибочным станком, несколькими однотоочечными машинами, одной (двумя) многоточечной машиной для сварки сеток и каркасов, стеллажами и кондукторами для хранения и транспортирования арматуры и металла.

Производство арматурных изделий предусматривает организацию хранения арматурной стали на складах. Склады арматурной стали должны быть закрытыми и неотапливаемыми, обычно они располагаются со стороны заготовительных отделений арматурного цеха, в основном металл поступает по железной дороге. Для этого в складах проложены железнодорожные подъездные пути и устроены подъезды для автомобильного транспорта. Склады оборудованы металлическими стеллажами и ячейками для хранения стержневой арматуры по классам, диаметрам и маркам и отсекам для хранения бухтовой арматуры. Арматурный склад должен вмещать основной металл в объеме не менее трёхнедельной потребности цеха.

Площадь для складирования арматуры рассчитывается по формуле:

$$S_a = (Q_{\text{сут}} \cdot T_x \cdot K_1) / T = (7,29 \cdot 20 \cdot 3) / 3 = 145,8 \text{ м}^2$$

где $Q_{\text{сут}}$ – суточная потребность в арматуре, т/сут (с учетом потерь увеличивается на 2–7 %);

T_x – срок хранения (равен 20 – 25 сут);

K_1 – коэффициент, учитывающий проходы при хранении, стали на стеллажах (до 500 т – 3, свыше 500 т – 2);

T – масса стали, размещающаяся на складе, т/м² [16].

Расчет склада готовой продукции

Складирование готовых сборных железобетонных конструкций и изделий из тяжелого и легкого бетонов осуществляется обычно на открытых площадках, примыкающих к производственным цехам предприятия.

Отводимая под склады готовой продукции площадка должна иметь жесткое покрытие и уклон для стока атмосферных вод. Изделия на складах хранятся в штабелях или специальных кассетах.

Все изделия должны храниться в положении, близком к проектному. Каждый штабель должен иметь таблички с указанием количества и типоразмеров складироваемых изделий.

Для транспортировки изделий на складе готовой продукции применяются козловые краны.

Для обеспечения наилучших и безопасных условий производства погрузочных работ и движения транспортных средств между штабелями устраиваются проходы и проезды. Минимальная ширина проходов должна быть не менее 0,8 м, а ширина проездов устанавливается в зависимости от вида применяемого транспорта и порядка его движения.

Площадь склада готовой продукции определяется по формуле:

$$S_{\text{гп}} = (Q_{\text{сут}} \cdot T_{\text{хр}} \cdot k_1 \cdot k_2) / Q_{\text{н}} = (83,3 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 1,3) / 1,8 = 902 \text{ м}^2$$

где $Q_{\text{сут}}$ – суммарный объём изделий, поступающих в сутки, м^3 ;

$T_{\text{хр}}$ – продолжительность хранения изделий – 10 сут;

k_1 – коэффициент учитывающий площадь склада на проходы – 1,5;

k_2 – коэффициент, учитывающий увеличение площади склада в зависимости от типа крана, для мостовых – 1,3;

$Q_{\text{н}}$ – нормативный объём изделий, допускаемый для хранения на 1 м^2 площади, $1,8 \text{ м}^3$;

Вместимость склада определяется по формуле:

$$V_{\text{ск}} = t_{\text{хр}} \cdot V_{\text{сут}} = 10 \cdot 83,3 = 833 \text{ м}^3,$$

где $V_{\text{сут}}$ – объём продукции, поступающий на склад в сутки, м^3 ;

$t_{\text{хр}}$ – срок хранения продукции, поступающей на склад, 10 сут [16].

2.5 Подбор технологического оборудования

Технологическое оборудование подобрано на основании его паспортной производительности и других параметров и представлено в таблице 11.

Приёмные бункеры подбираем из расчёта потребности в цементе на 3 часа бесперебойной работы БСУ, а песка и щебня – на 2 часа.

Таблица 11 – Ведомость технологического оборудования

Поз.	Обозначение	Наименование	Параметры	Кол.
1	2	3	4	5
1	ПБЦ–3	Приёмный бункер для цемента	Рабочий объём, м ³ – 3 Габариты, ДхШхВ, мм: 1200х1200х2400 Диаметр загрузочного патрубка, мм: 200 Диаметр выгрузочного патрубка, мм: 300	2
2	ПБП–1,5	Приёмный бункер для песка	Рабочий объём, м ³ – 1,5 Габариты, ДхШхВ, мм: 950х950х2000	2
3	ПБЦ–3	Приёмный бункер для щебня	Рабочий объём, м ³ – 3 Габариты, ДхШхВ, мм: 1300х1300х2000	4
4	ДВИ–200Д	Дозатор для щебня	С наименьшим пределом взвешивания 30 кг, а наибольшим – 200 кг, вместимостью бункера 0,5 м ³ и циклом дозирования 60 с.	4
5	ДВИ–200Д	Дозатор для песка	С наименьшим пределом взвешивания 30 кг, а наибольшим – 200 кг, вместимостью бункера 0,5 м ³ и циклом дозирования 60 с.	2
6	ДВЦ–100Д	Дозатор для цемента	С наименьшим пределом взвешивания 20 кг, а наибольшим – 100 кг, вместимостью бункера 0,125 м ³ и циклом дозирования 60 секунд.	2

Продолжение таблицы 11

Поз.	Обозначение	Наименование	Параметры	Кол.
1	2	3	4	5
7	АОДЖ– 1200М	Объёмный дозатор жидкости	С наименьшим пределом взвешивания 20 литров, а наибольшим – 200 литров. Вместимостью бункера 0,21 м ³ и циклом дозирования 45 с.	2
8	СБ–93	Бетоносмеситель	Тип устройства: Принудительный бетоносмеситель Объём бака бетоносмесителя, л – 1500 Объём готового замеса, л – 1000 Габаритные размеры, ДхШхВ, мм – 2880х2690х2850 Мощность электропривода, кВт – 40 Напряжение питания, В – 380 Максимальная крупность материалов, мм – 70 Давление в пневмосистеме, МПа – 0,4–0,6	2
9	С–300	Смеситель для жидкости	Объём емкости, м ³ – 0,3 Объём готового замеса, м ³ – 0,2 Производительность, м ³ /час – 4 Время перемешивания от 2 до 4 мин (сложные смеси до 15) Напряжение электропитания, В/Гц – 380/50 Номинальная мощность, кВт – 11,0 Частота вращения активатора, об/мин – 150 ± 5% Требования к компрессору, МПа/л/мин = 0,6/150	2

Окончание таблицы 11

Поз.	Обозначение	Наименование	Параметры	Кол.
1	2	3	4	5
10		Бетоноприёмник (бадья)	Вместимостью 150 литров	2
11		Передаточная рельсовая тележка	Грузоподъёмность, т – 1	2
12	СМЖ–43А	Мостовой кран	Грузоподъёмность 9 тонн, высота изделия на поддоне 420 мм, масса – 0,98 тонн)	2
13	СМЖ–3507А	Бетоноукладчик	число бункеров – 1, наибольшая ширина укладки – 2000 мм, ширина колеи рельс – 4500 мм, габаритные размеры – 3,76,33,1 м; бетоноукладчик укомплектован вибронасадком, разравнивающей рейкой, устройством для распыления смазывающего материала на поверхность бетонной смеси	2
14	СМЖ–460	Виброплощадка	размер формируемых изделий 12 м, грузоподъёмность 15 тонн, крепление формы – электромагнитное	2
15	ПД–35–28	Металлическая форма	Габаритные размеры : 3700x3000x200	49

Контроль качества готовой продукции

Приёмку готовой продукции проводят на основе документированных результатов:

- входного контроля;
- операционного контроля;
- приёмочного контроля.

Входной контроль включает в себя установление соответствия качества получаемых сырьевых материалов, комплектующих и изделий требованиям, определяющим возможность их использование на предприятии, а также соответствия требованиям действующих стандартов.

Операционный контроль предусматривает контроль качества бетонной смеси, форм, смазки, размеров арматурных изделий, сварных соединений, положения арматурных изделий в формах.

Приёмочный контроль изделий осуществляется партиями, состоящими из однотипных изделий. Количество изделий в партии, в зависимости от их объёма, не должно превышать величин, указанных в таблице 12 [13] .

Таблица 12 – Зависимость количества изделий в партии от их объёма

Объём изделий, м ³	< 0,1	0,1–0,3	0,3–1	1–2	> 2
Изделий в партии, шт	1000	700	300	150	100

Объём одной дорожной плиты 1П35.28–30 равен 1,66 м³, следовательно приёмочный контроль данного вида продукции осуществляется партиями по 150 шт. Из партии отбираются 2 изделия, которые будут испытывать.

Порядок приёмочного контроля:

1) Осмотр изделия на предмет наличия внешних дефектов (трещин, раковин, сколов), если изделие не проходит приёмочный контроль на данном этапе, оно бракуется;

2) Проверка правильности формы и габаритных размеров изделия при помощи специальных шаблонов и измерительных приборов. Если по результатам проверки выявились нарушения формы изделия или отклонения геометрических размеров превышают допустимые, изделие бракуется;

3) Определение прочности контрольных образцов разрушающими методами, а также определение прочности готовых изделий неразрушающими и разрушающими методами. Для проведения испытаний изготавливают образцы-кубы с размером ребра 10 см, уплотняют и хранят в тех же условиях, что и основную продукцию. Определяют прочность образцов-кубов при сжатии на гидравлическом прессе. Прочность готовых изделий определяют ультразвуковым методом и методом ударного импульса. После чего изделия испытывают на специальных стендах, нагружая гидродомкратами и грузами. По результатам всех испытаний составляют градуировочные зависимости прочности бетона, на основании которых будут проводиться последующие испытания [17, 18, 19].

Все результаты входного, операционного и приёмочного контроля документируются. Таким образом при ухудшении качества продукции или возникновении сложностей в производстве, можно будет определить причину этого и устранить её.

Охрана труда и экология

Общие положения

На данном предприятии созданы условия и обеспечено соблюдение всеми работниками правил техники безопасности.

К самостоятельной работе в формовочном цехе по производству дорожных плит допускаются лица достигшие 18-летнего возраста, прошедшие предварительно медицинский осмотр.

Допуск посторонних лиц на территорию предприятия, в производственные помещения и на рабочие места запрещён.

Инструкции по охране труда начальником цеха, работниками службы охраны труда и утверждаются администрацией предприятия совместно с комитетом профсоюза. Инструкции по охране труда вывешены на всех рабочих местах, рабочие должны быть с ними ознакомлены и подтвердить это росписью в журнале охраны труда.

Вновь поступившие на работу проходят вводный инструктаж в кабинете охраны труда, который проводится инженером по охране труда, а также первичный инструктаж по технике безопасности на рабочем месте, проводимый мастером участка. Не реже одного раза в три месяца в цехе проводится повторный инструктаж на рабочем месте с целью проверки знаний. При изменении технологического процесса, замене оборудования и материалов должен проводиться внеплановый инструктаж.

Рабочие, показавшие неудовлетворительные знания по охране труда, через месяц должны пройти повторную проверку знаний. В этот период они не допускаются к работам повышенной опасности.

Контроль за состоянием охраны труда направлен на проверку состояний условий труда работающих и принятие эффективных мер по

устранению выявленных недостатков. Основными видами контроля являются: оперативный, который осуществляют руководители работ и другие должностные лица (мастер, начальник цеха) и трёхступенчатый контроль: осуществляемый на первой ступени – мастером, начальником участка, начальником смены и общественным инспектором по охране труда ежедневно; на второй ступени – комиссией, возглавляемой начальником цеха и старшим общественным инспектором по охране труда еженедельно; на третьей ступени – комиссией, которую возглавляет главный инженер и председатель профкома, как правило, один раз в месяц.

Для предотвращения травм головы, каждый рабочий должен носить защитную каску.

На предприятии разработана и утверждена схема движения транспорта и пешеходов по цеху. Схемы развешены на входе в цех и по его площади.

Микроклимат цеха соответствует требованиям ГОСТ 12.1.005–88.

Цех оборудован уборными, умывальными, душевыми, гардеробными, комнатами отдыха и приёма пищи, медпунктом, кладовыми для спецодежды, средства индивидуальной защиты.

Проёмы для въезда транспортных средств в цех снабжены воротами и оборудованы сигнализацией. Створки ворот оборудованы специальными фиксирующими устройствами.

Головки рельсовых путей внутрицехового транспорта и технологического оборудования расположены на уровне пола и оснащены тупиковыми упорами. Перед упорами для автоматической остановки транспортных средств должны быть конечные выключатели.

Все рельсовые пути оснащены сигнализацией. При движении транспорта по рельсовым путям, запрещается приближаться к ним ближе

безопасного расстояния, которое обозначено специальной разметкой на полу цеха.

Вентиляция и отопление

Для нормальной циркуляции воздуха установлена общеобменная вентиляция, которая обеспечивает воздухообмен в цехе. Система вентиляции установлена на безопасной высоте 3 м от уровня пола цеха.

Цех оборудован системой отопления для обогрева внутреннего воздуха, обеспечивающей температуру не ниже 18 °С, а в помещениях для обогрева работников не ниже 22 °С.

Водоснабжение и водоотведение

Производственные сточные воды проходят очистку до их поступления в общую канализационную систему.

Для пользования работниками питьевой водой в цехе предусмотрены фонтанчики, соединённые с водопроводной сетью. Также рабочие обеспечиваются подсолённой газированной водой (содержание соли до 0,5%) из расчёта 4–5 л на человека в смену.

Душевые, уборные, умывальные соединены с общегородской системой канализации.

Освещение

В формовочном цеху используется естественное освещение, обеспеченное наличием окон и искусственное – с помощью электрических ламп.

Чистка стёкол световых проёмов производится раз в 2 года. Загораживать световые проёмы запрещено.

Искусственное освещение представлено двумя составляющими – общее и местное освещение.

Склады цемента и заполнителей

Силосы цемента оборудованы устройствами улавливания пыли по время загрузки и выгрузки, а также устройствами предупреждения сводообразований и зависаний материалов (электровибраторами).

Верхняя часть силосов и бункеров оснащена перилами.

Крышки люков оборудованы запирающими устройствами, ключи от которых находятся у начальника цеха и выдаются только при наличии наряда-допуска на выполнение работ.

Вход в силосы и бункеры через нижние и боковые люки должен производиться только для выполнения ремонтных работ. Предварительно стены и перекрытия должны быть очищены от зависаний материала. Спуск через верхний люк должен производиться только для осмотра или очистки стен и перекрытий.

Спуск в силосы производится в люльках, предназначенных для подъёма людей.

При опускании в силосы и бункеры рабочих должны быть выполнены следующие меры безопасности:

– должны быть отключены транспортирующие устройства (питатели, конвейеры, пневмотранспорт);

– рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты – спецодежда, каска, респиратор, защитные очки, страховочные пояса и канаты.

При очистке силосов и бункеров запрещается:

– открывать крышки нижних и боковых люков и входить в них при наличии цемента;

– сходить с люльки на слой материала, толщина которого превышает 0,5м;

– производить обрушение материала подрубкой снизу.

Склады арматурной стали

Бухты арматурной стали хранятся в штабелях, рассортированными по наименованию проката, маркам и диаметру. Высота штабеля не превышает 1,5 м, обеспечена необходимая ширина прохода между штабелями – 1 м.

Готовые арматурные изделия (сварные сетки, каркасы, петли, закладные детали и т.п.) хранятся на специализированных стеллажах.

Склады химических добавок и смазочных материалов

Химические добавки хранятся на складах и транспортируются в закрытой таре.

К работе с химическими добавками не допускаются лица, у которых повреждены кожные покровы.

Смазочные материалы хранятся в резервуарах вне цеха.

Крышки люков резервуара для хранения смазочных материалов оборудованы запирающимися устройствами, ключи от которых хранятся у ответственного лица, назначенного приказом по заводу из числа ИТР.

Крышки люков резервуаров открываются только в момент слива, отбора проб и замера уровня.

Очистка резервуаров производится с применением скребков, не образующих искры (дерево, резина), и аккумуляторных фонарей во взрывозащитном исполнении.

Шум и вибрация

Контроль измерений параметров вибрации рабочих мест должен проводиться не реже одного раза в год, локальной вибрации, передающейся на руки работающих, – не реже двух раз в год.

В целях повышения сопротивляемости организма работающих по назначению врача следует проводить витаминпрофилактику два раза в год в течение четырех недель: в осенний и весенний периоды – октябрь–ноябрь и февраль–март, а также облучение ультрафиолетовыми лучами в те же периоды года (с учетом общепринятых противопоказаний).

В целях предотвращения неблагоприятного воздействия шума и вибрации, превышающих предельно допустимые уровни, рабочие обеспечиваются средствами коллективной защиты (щиты и т.д.) и средствами индивидуальной защиты (наушники).

Приготовление бетонной смеси

При приготовлении бетонной смеси обеспечиваются следующие условия:

- благоприятные метеорологические условия в рабочей зоне;
- содержание пыли в воздухе не превышает допустимых значений – 6 мг/м³;
- герметичность трактов подачи материалов;
- безопасные условия в зоне приготовления и выдачи бетонной смеси;
- механизированная уборка и утилизация отходов;
- применение работниками средств индивидуальной защиты (респираторы, спец. одежда, защитные очки).

Пуск пневмотранспорта цемента производится одновременно с включением системы аспирации.

Управление процессами подачи, перегрузки, дозирования сырьевых материалов, приготовления бетонной смеси и её выгрузки производится дистанционно.

Бункер, течка с дозаторов и емкость весов герметичны во избежание выделения пыли в производственные помещения. Горловина весов и течки бункера соединены плотным рукавом из пыленепроницаемого материала и закреплены герметично в местах соединения зажимными хомутами.

В трактах подачи материалов из дозаторов в бетоносмесители все соединения уплотнены так, чтобы во время загрузки бетоносмесителя исключается выделение пыли в производственные помещения через неплотности в соединениях.

Бетоносмесители оборудованы вытяжными зонтами, подсоединенными к аспирационной системе.

Т.к. на предприятии используются бетоносмесители с верхним расположением привода, для их обслуживания и ремонта предусмотрены стационарные металлические площадки с лестницами, огражденные перилами.

При работающем бетоносмесителе запрещается:

- опускать любые части тела через загрузочную или разгрузочную течку;
- производить регулировку узлов и механизмов;
- отбирать пробы.

Арматурное производство

Вредные вещества и сварочные аэрозоли удаляются из воздуха вентилированием.

Для сбора и удаления пыли и окалины станки подсоединены к системе аспирации.

Бухтодержатели арматуры расположены на расстоянии 1,5 м от остального оборудования. Бухтодержатели оснащены тормозным

устройством. Между бухтодержателями и правильно-отрезным станком установлено направляющее устройство для устранения произвольного движения арматуры.

Запрещается производить заправку конца арматурной стали в правильные барабаны при включённом приводе станка.

При работе станка для гибки арматурных прутьев запрещается:

– закладывать арматурные стержни в вилку во время вращения поворотного диска;

– заменять гибочные, центральные и опорные пальцы до отключения станка от сети;

Сварка электродуговая

Стационарное рабочее место для электродуговой сварки оборудовано местной вытяжной вентиляцией.

Рабочее место для электродуговой сварки расположено в десяти метрах от огнеопасных мест.

Работники, занятые на сварочных работах, обеспечены спец. одеждой с огнестойкой пропиткой и защитными щитками.

Сварочные устройства включены в сеть питания через специальные устройства, предотвращающие контакт работника с электрическим током.

Корпуса сварочных трансформаторов, зажимы вторичных обмоток заземлены.

Пол возле сварочного оборудования покрыт резиновым ковриком и содержится в сухости.

Чистка и смазка форм

Работники, занятые смазкой и чисткой форм должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты:

- спецодежда;
- спецобувь;
- респираторы;
- резиновые перчатки.

Формы

В формах предусмотрены строповочные петли, устройства для открывания бортов, устройства, ограничивающие угол открывания бортов.

Эксплуатация форм с неисправными бортами, замками, петлями и упорами-ограничителями запрещена.

Штабелирование форм производится в собранном виде с закрытыми на замки бортами на прокладках одинаковой толщины.

Бетоноукладчики

Бункеры бетоноукладчиков оборудованы лестницей, рабочими площадками и перилами.

Бетоноукладчики оборудованы звуковой сигнализацией.

Ходовые колёса бетоноукладчика оснащены ограждающими металлическими кожухами.

Бетоноукладчики снабжены конечными выключателями автоматической остановки в конце рельсовых путей.

Виброплощадки

Виброплощадки оснащены звукоизолирующими устройствами. Также виброплощадки изолированы от фундамента цеха пружинными виброгасящими устройствами во избежание его разрушения.

При работе виброплощадки запрещается:

- становиться на виброплощадку или установленную на ней форму;
- чистить вибропригрузы в подвешенном состоянии без их закрепления.

Ямные камеры ТВО

Ямные камеры оборудованы гидравлическими затворами, во избежание проникновения пара в цех. Засыпка гидрозатвора песком или опилками запрещена.

Подача пара в камеры производится только с разрешения мастера смены или начальника цеха.

Загрузка и выгрузка форм с изделиями в камеры производится мостовыми кранами. Нахождение людей в камере, при выполнении этих операций запрещено [31].

Строповка крышки ямной камеры, форм с изделиями в ней выполняется автоматическими траверсами. При выполнении данных операций запрещается стоять на застропованной крышке ямной камеры, спускаться в ямную камеру, находиться на пути подъема форм с изделиями из камер.

По периметру ямная камера оборудуется стационарными металлическими площадками высотой более 1 метра, с лестницами

Для ремонтных и очистных работ в камерах предусмотрены лестницы на стенках камеры.

Ремонтные работы в ямных камерах необходимо выполнять в спецодежде и спецобуви.

Склады готовой продукции

В зоне работы грузоподъёмных механизмов вывешены схемы строповки и складирования изделий.

Высота штабелей готовых изделий, расположенных в проектном положении, не превышает 2 м.

Складирование готовой продукции производится вне путей движения кранов [28, 29].

Экология

Отходы железобетонной промышленности могут оказывать неизгладимый вред окружающей среде. Ежегодно для складирования твёрдых отходов железобетонной промышленности требуются тысячи гектар земли, которая в дальнейшем становится непригодной для использования в иных целях. Пылевидные же отходы железобетонной промышленности, попав в воздушную среду, могут негативно воздействовать на дыхательные системы людей и животных, что также необходимо предотвратить.

Сохранение окружающей среды в чистоте при современных масштабах производства продукции является необходимым и важным мероприятием. В цехе разработаны комплексные мероприятия по охране окружающей среды от воздействий пыли и твёрдых отходов производства.

Для защиты атмосферы предусмотрены циклоны и электрофильтры, которые улавливают пылевидные частицы цемента.

Изделия, не прошедшие приёмочный контроль, а также отходы испытаний изделий отправляются на завод некондиционного бетона для дальнейшей переработки и использования в менее ответственных сооружениях.

Отходы арматурного производства, а также арматура, извлечённая из некондиционных изделий доставляются на предприятие ВТОРЧЕРМЕТа для переработки.

Техническая вода после очистки используется повторно.

Само предприятие расположено на окраине города с подветренной стороны и отдалено от жилого района санитарно-защитной зоной шириной 100 метров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы была принята современная технологическая схема производства железобетонных изделий, в частности дорожных плит:

1. Было применено высокотехнологичное оборудование, использованы качественные сырьевые материалы и эффективные добавки, что позволит получить продукцию с высоким показателем долговечности;

2. Детально изучены процессы, происходящие при производстве дорожных плит, и спланированы методы контроля качества продукции на всех этапах её производства;

3. Предусмотрены методы охраны труда и защиты окружающей среды от загрязнений;

4. С уверенностью можно сказать, что при выборе дорожных плит взамен асфальтобетонных смесей, значительно увеличивается долговечность дорожных покрытий, упрощается их ремонт, а следовательно и снижаются общие затраты на устройство дорожного полотна;

5. Номенклатура дорожных плит достаточно широка, что позволит весьма вариативно их применять.

Исходя из вышперечисленных выводов, можно сказать, что производство дорожных плит является весьма перспективным и востребованным.

Список использованных источников

1. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции: Общий курс/. В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. – М.: Стройиздат, 2001. – 136 с.
2. Мачулка Н.В. Конкурентоспособность железобетонных дорожных плит / Н.В. Мачулка // Евразийский Совет Учёных – 2018. – №1. – с. 54–55.
3. ГОСТ 21924.0–84 Плиты железобетонные для покрытий городских дорог. Технические условия. – Введ. 01.01.2002 – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 24с.
4. ГОСТ 31108–2016 Цементы общестроительные. Технические условия. – Введ. 01.03.2017. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 23с.
5. ГОСТ 8267–93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – Введ. 01.01.1995. –Москва: Стандартинформ, 1995. – 7с.
6. ГОСТ 8736–2014 Песок для строительных работ. Технические условия. – Введ. 01.04.2015. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 9 с.
7. ГОСТ 23732–2011 Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия. – Введ. 01.10.2012. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 17 с.
8. Цителаури Г.И Проектирование предприятий сборного железобетона. Учебник для вузов по специальности производство строительных изделий и конструкций – М.: высшая школа 1986. – 106с.
9. Волынец, Н.П. Справочник инженера-технолога предприятия сборного железобетона/ Н.П. Волынец, Н.Г. Дьяченко, В.И. Лошанюк. – Киев: Высшая школа, 2003. – 224 с.
10. Попов Л.Н. Основы технологического проектирования заводов железобетонных изделий/ Л.Н. Попов, Е.Н. Ипполитов, В.Ф. Афанасьева. – М.: Высшая школа, 2008. – 312 с.

11. ГОСТ 7473–2010 Смеси бетонные. Технические условия. – Введ. 01.01.2012. – М.: Стандартинформ, 2018. – 43 с.
12. СП 130.13330.2018 Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. СНиП 3.09.01–85. – Введ. 20.06.2019. – М.: Стандартинформ, 2019. – 12 с.
13. ГОСТ 13015–2012 Изделия бетонные и железобетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. – Введ. 01.01.2014. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 30 с.
14. Изготовление железобетонных дорожных плит по поточно–агрегатной технологии [Электронный ресурс] URL: <http://www.OpenGost.ru>
15. Механическое оборудование. Учебное пособие по лабораторному практикуму [Электронный ресурс] / сост. Р.Т. Емельянов, Е.С. Турышева. – Электрон. издан. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013
16. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. Учебно–методическое пособие для выполнения курсового проекта [Электронный ресурс] / сост. Н.Г. Васильевская, С.В. Дружинкин, И.Г. Енджиевская. – Электрон. дан. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019. – 45 с
17. ГОСТ 8829–2018 Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. – Введ. 01.09.2019. – М.: Стандартинформ 2019. – 15 с.
18. ГОСТ 10180–2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – Введ. 01.07.2013. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 10 с.
19. Строительные нормы и правила: СНиП III–4–80 Техника безопасности в строительстве. Нормативно-технический материал. – Москва: Стандартинформ, 1987. – 36 с.

20. ГОСТ 24211–2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия. – Введ. 01.01.2011. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 25 с.
21. ОНТН–07–85 Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий сборного железобетона. – Введ. 01.01.1986. – Москва: Стандартинформ, 1986. – 13с.
22. ГОСТ 25878–2018 Формы стальные для изготовления железобетонных изделий. Поддоны. Технические условия. – Введ. 01.09.2019. – М.: Стандартинформ, 2019. – 25 с.
23. ГОСТ 25781–2018 Формы стальные для изготовления железобетонных изделий. Технические условия. – Введ. 01.09.2019. – М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с.
24. ГОСТ 27204–87 Формы стальные для изготовления железобетонных изделий. Борты. Конструкция и размеры. – Введ. 01.01.1988. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 23 с.
25. Зиневич С.И. Конструкция плиты для сборных дорожных покрытий // Наука и техника: Научно–технический журнал / Белорусский национальный технический университет. – Минск; – Минск, 2018. – Т.17, № 6. – с 468–469
26. ГОСТ 25573–82 Стропы грузовые канатные для строительства. Технические условия. – Введ. 01.09.2004 – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 15 с.
27. ГОСТ 21924.2–84 Плиты железобетонные с ненапрягаемой арматурой для покрытий городских дорог. Конструкция и размеры. – Введ. 01.01.2002 – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 3 с.
28. ГОСТ 12.1.005–88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 01.01.2008. – М.: Стандартинформ, 2008. – 8 с.

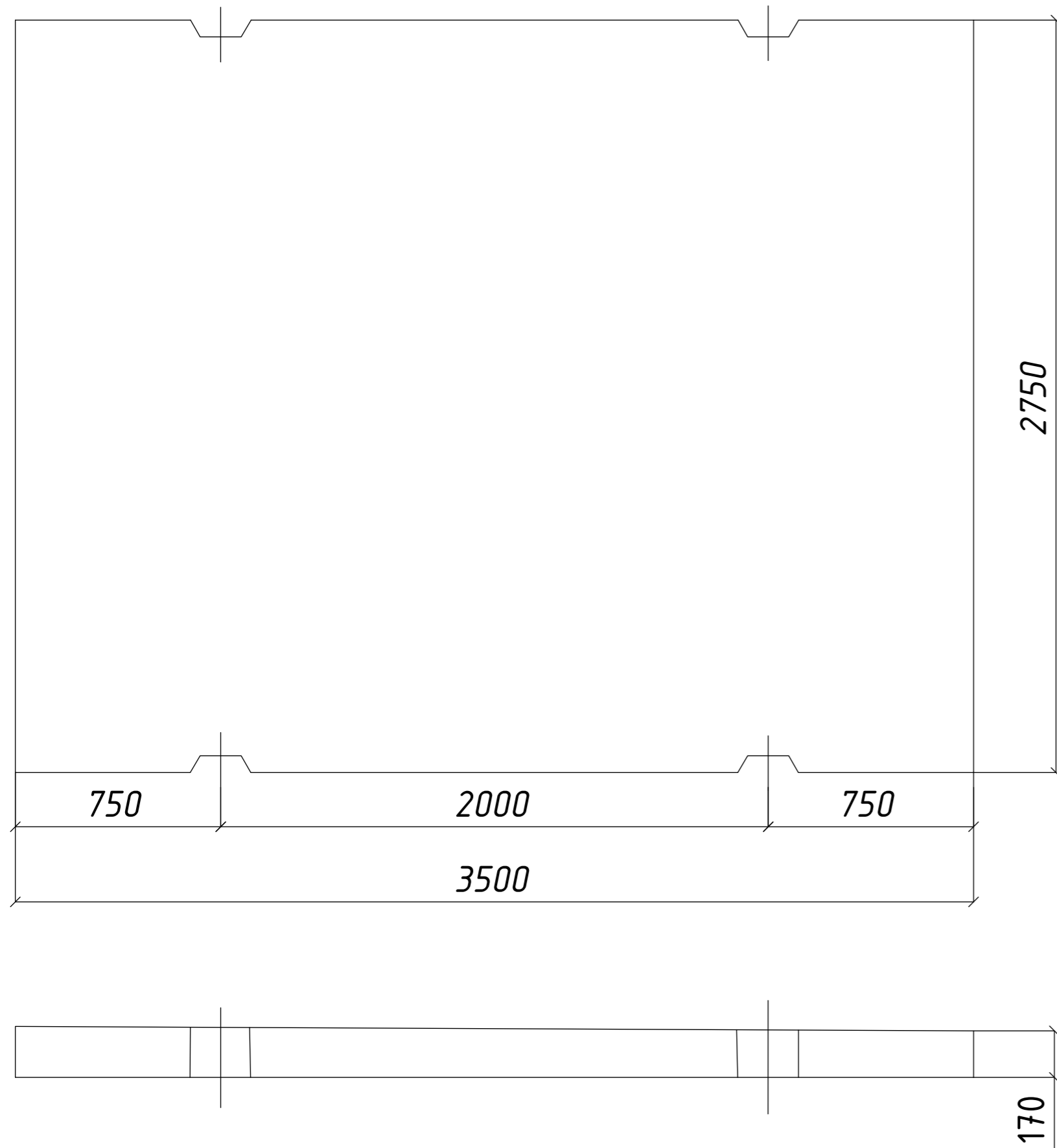
30 . Правила техники безопасности и производственной санитарии в производстве сборных железобетонных и бетонных конструкций и изделий. – Введ.: 01.01.1988 – М.: Стройиздат, 1988. – 5–20 с.

31. Мартынов В. Д. Строительные машины и монтажное оборудование: учеб. пособие / В. Д. Мартынов, Н.И. Алешин, Б. П. Морозов. – Москва : Машиностроение, 1990 – 352 с.

32. Раннев А. В. Машины для строительства промышленные, гражданских сооружений и дорог: справочник / А. В. Раннев, В. Ф. Корелин, А. В. Жаворонков. – Москва : Машиностроение, 1991. – 496 с.

33. С.П. Копша, В.А. Заикин Технология безопалубочного формирования – ключ к модернизации промышленности и снижению себестоимости жилья / С.П. Копша, В.А. Заикин // Технологии бетонов – 2013 . – №11 . – с. 29–31

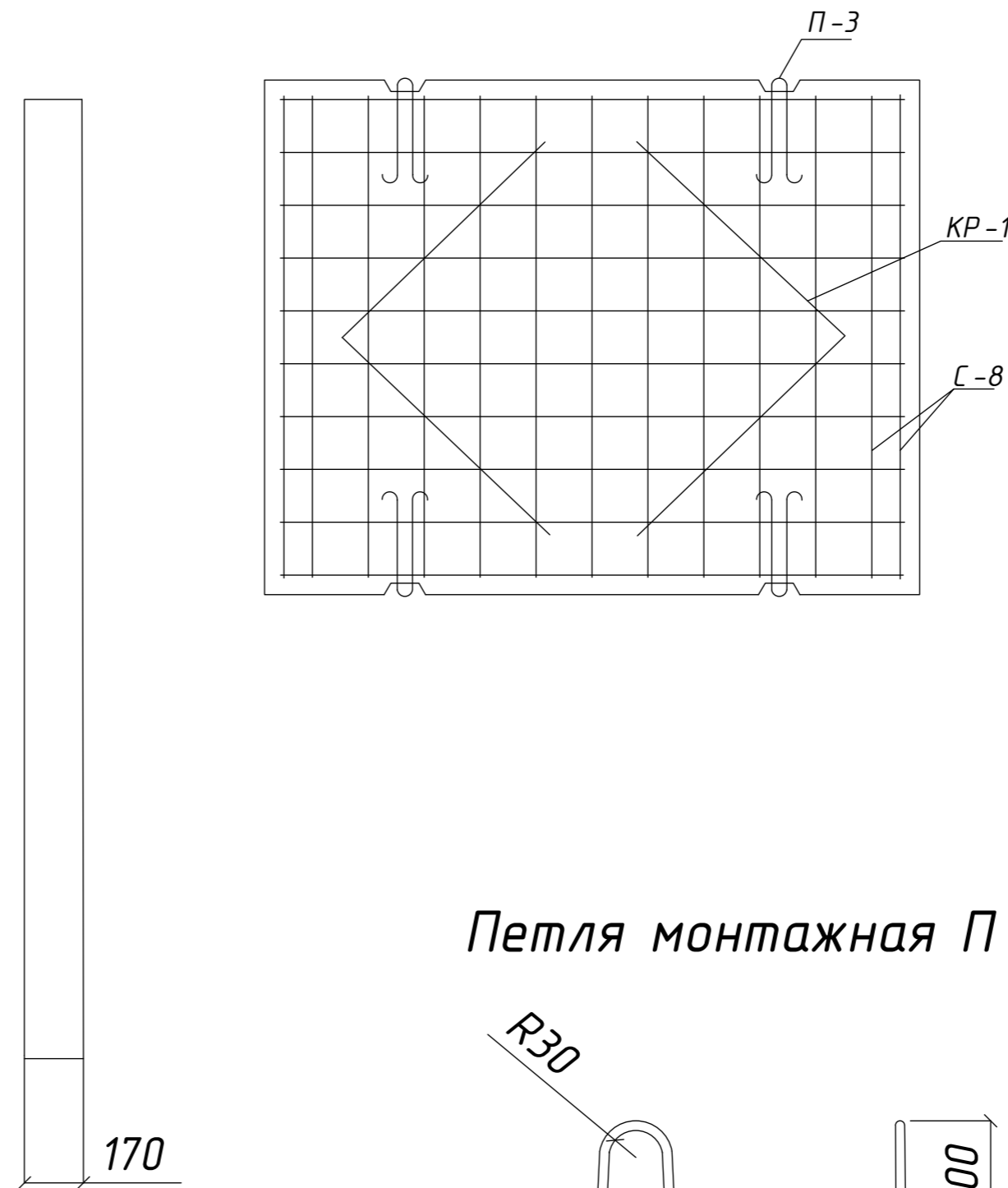
Опалубочный вид плиты 1П35.28-30



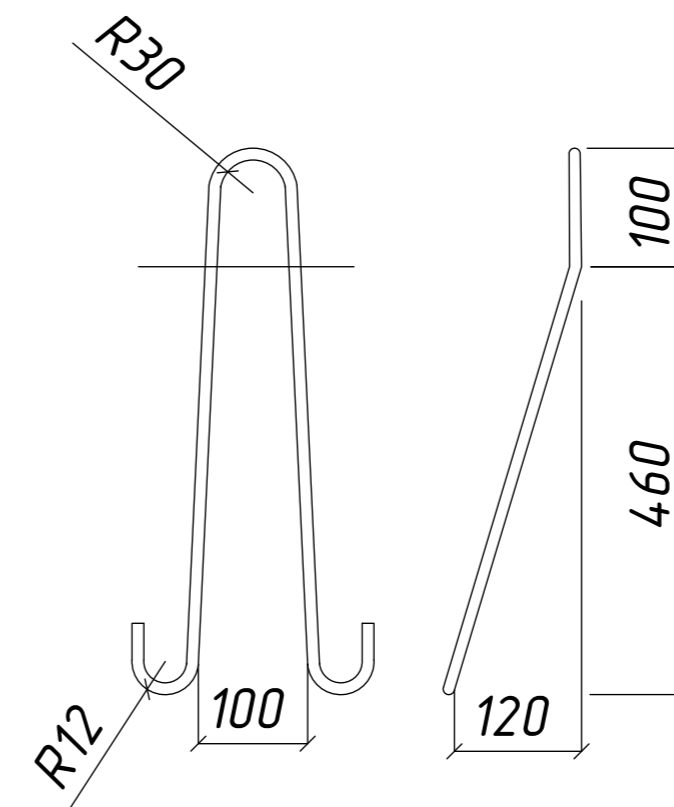
Размеры и характеристики плиты

Типоразмер плиты	Размеры плиты, мм			Характеристики плиты		
	Длина	Ширина	Толщина	Масса, т	Объём бетона, м³	Класс бетона
1П35.28-30	3500	2750	170	4,08	1,63	В-30

Закладная арматура



Петля монтажная П-3

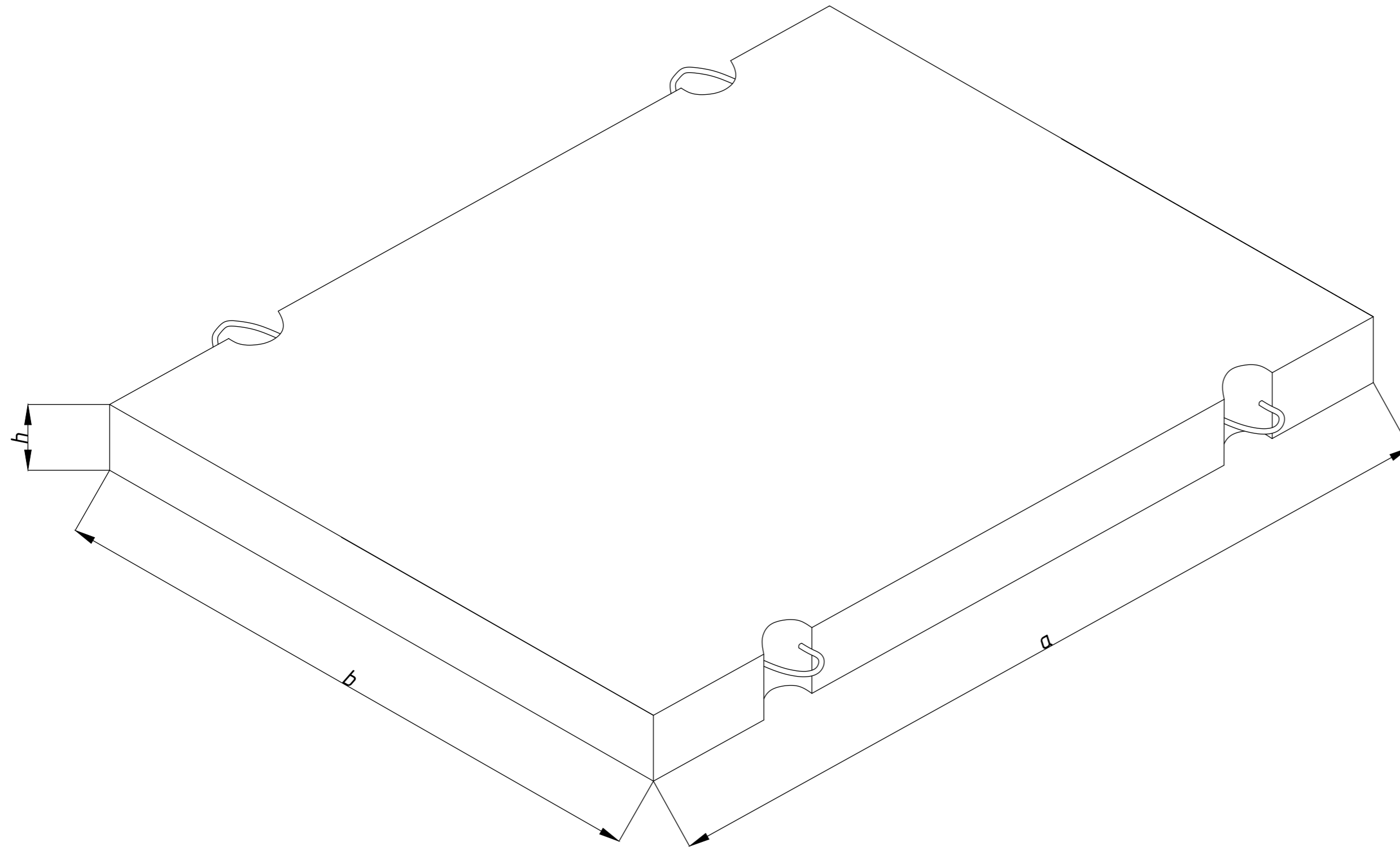


Спецификация элементов плиты

Поз.	Обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
		Сборные единицы		
1	С-8	Сетка арматурная 8	2	Проволока арматурная класса Вр-1, арматура прутковая класса Ас300 по ГОСТ 5781-82, 6727-80
2	К-1	Каркас 1	2	Проволока арматурная класса Вр-1, арматура прутковая класса Ас300 по ГОСТ 5781-82, 6727-80
3	П-3	Петля монтажная 3	4	Арматура прутковая класса А240 по ГОСТ 5781-82
4		Бетон класса В-30		

БР-08.03.01.04-2020				
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Лист	Докум.	Подпись	Дата
Разработал:	Вольнов Е.О.			
Проверил:	Школов А.А.			
Руководил:	Дружников С.В.			
Зав. кафедрой:	Кудрявцева И.Г.			
Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог			Стадия	Лист
			1	10
Опалубочный вид плиты 1П35.28-30			СФУ ИСИ каф. СМиТС группа СБ16-41БП	

Общий вид дорожной плиты



Номенклатура типоразмеров дорожных плит

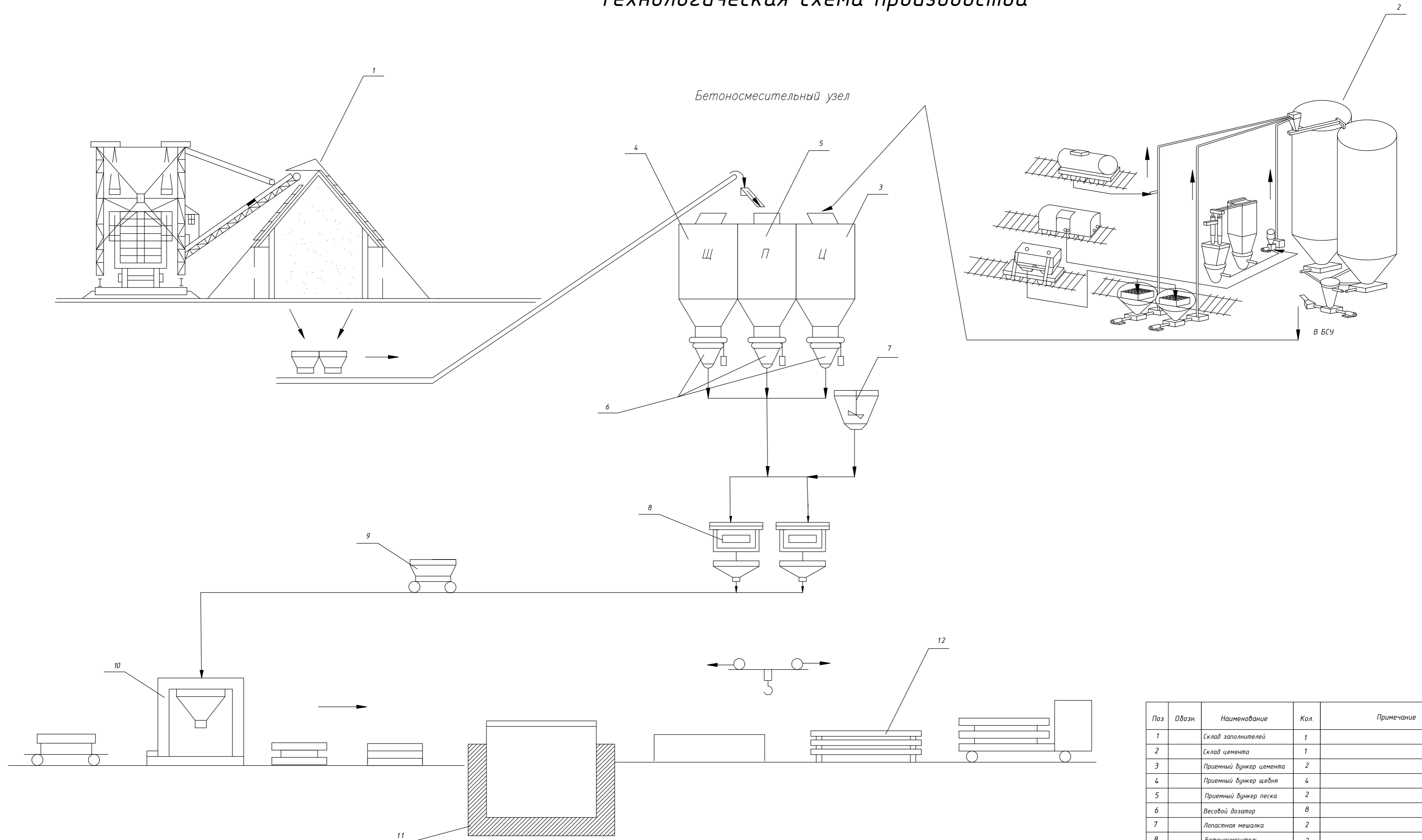
Типоразмер плиты	Размеры плиты, мм			Характеристики плиты	
	Длина	Ширина	Толщина	Масса, т	Объем бетона м ³
2П35.28	3500	2750	170	4,08	1,63
1П30.18	3000	1750	170	2,20	0,88
1П18.18	1750	1750	160	1,20	0,48
1П18.15	1750	1500	160	1,03	0,41
1П60.38	6000	3750	140	7,85	3,14
2П60.35	6000	3500	140	7,33	2,93
1П60.30	6000	3000	140	6,28	2,51
1П60.19	6000	1870	140	3,90	1,56
1П35.28	3500	2750	170	4,08	1,63
2П18.18	1750	1750	160	1,20	0,48

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

БР-08.03.01.04-2020					
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Лист	Докум.	Подпись	Дата	Ставля
Разработал	Болотов Г.О.				Листов
Рисовал	Школов А.А.				2
Заб. ное	Дружников С.В.				10
	Кудрявцева И.Г.				
Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог					СФУ ИСИ каф. СМиТС группа СБ16-41БП
Общий вид дорожной плиты					

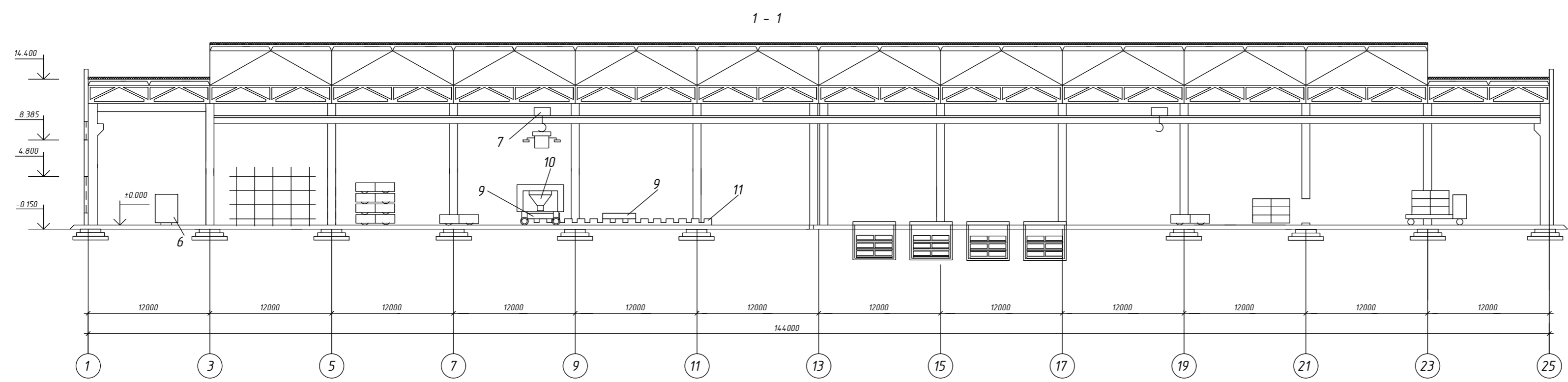
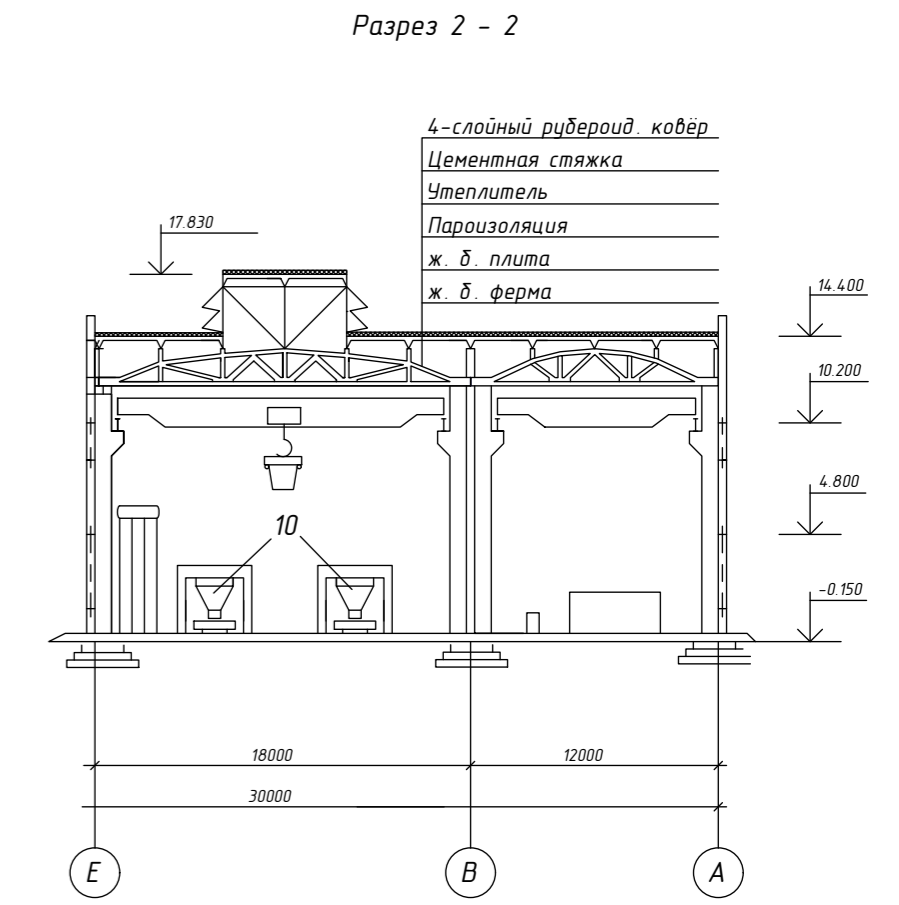
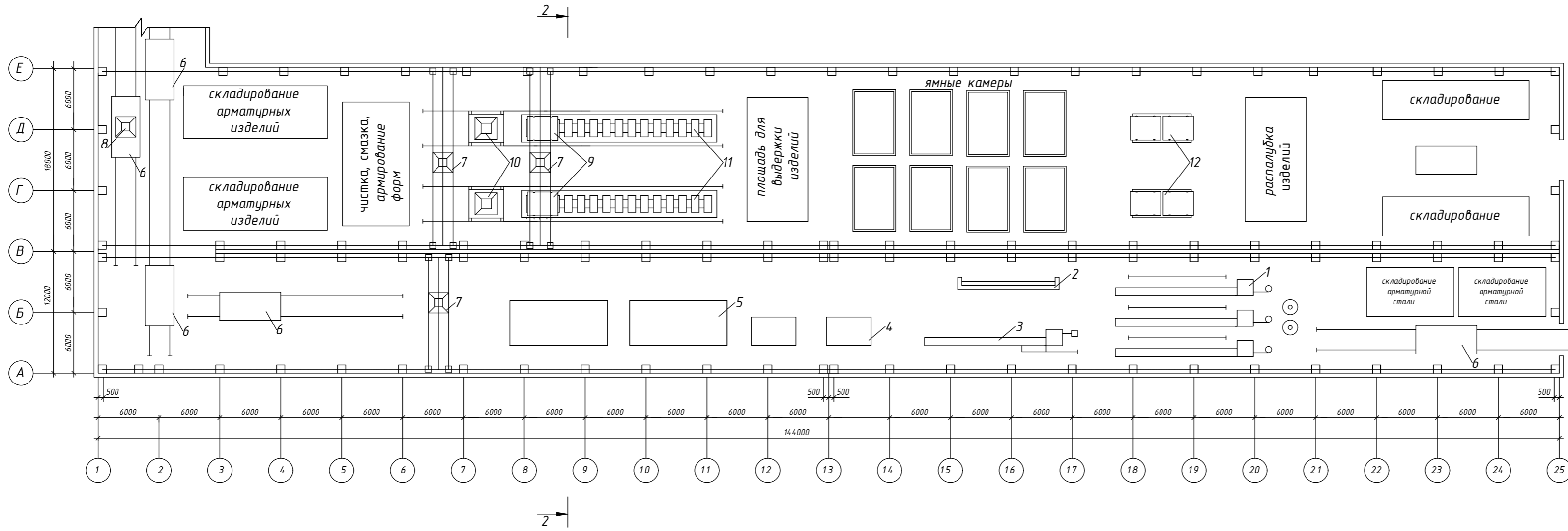
Технологическая схема производства



Поз.	Обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
1		Склад заполнителей	1	
2		Склад цемента	1	
3		Приемный дункер цемента	2	
4		Приемный дункер щебня	4	
5		Приемный дункер песка	2	
6		Весовой дозатор	8	
7		Лопастная мешалка	2	
8		Бетоносмеситель	2	
9		Бетонаприемник (вадь)	2	
10		Бетонукладчик	2	
11		Камера ТВО	8	
12		Склад готовой продукции	1	

БР-08.03.01.04-2020				
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Лист	Докум.	Подпись	Дата
Разработал:	Болотов Е.О.			
Проверил:	Школов А.А.			
Руководитель:	Дружинин С.В.			
Заб. кафедр:	Евдокимов И.Г.			
Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог				Стадия
				Лист
				Листов
				3
				10
Технологическая схема производства				СФУ ИСИ каф. СМиТС группа СБ16-41БП

Расстановка технологического оборудования на отметке 0.000



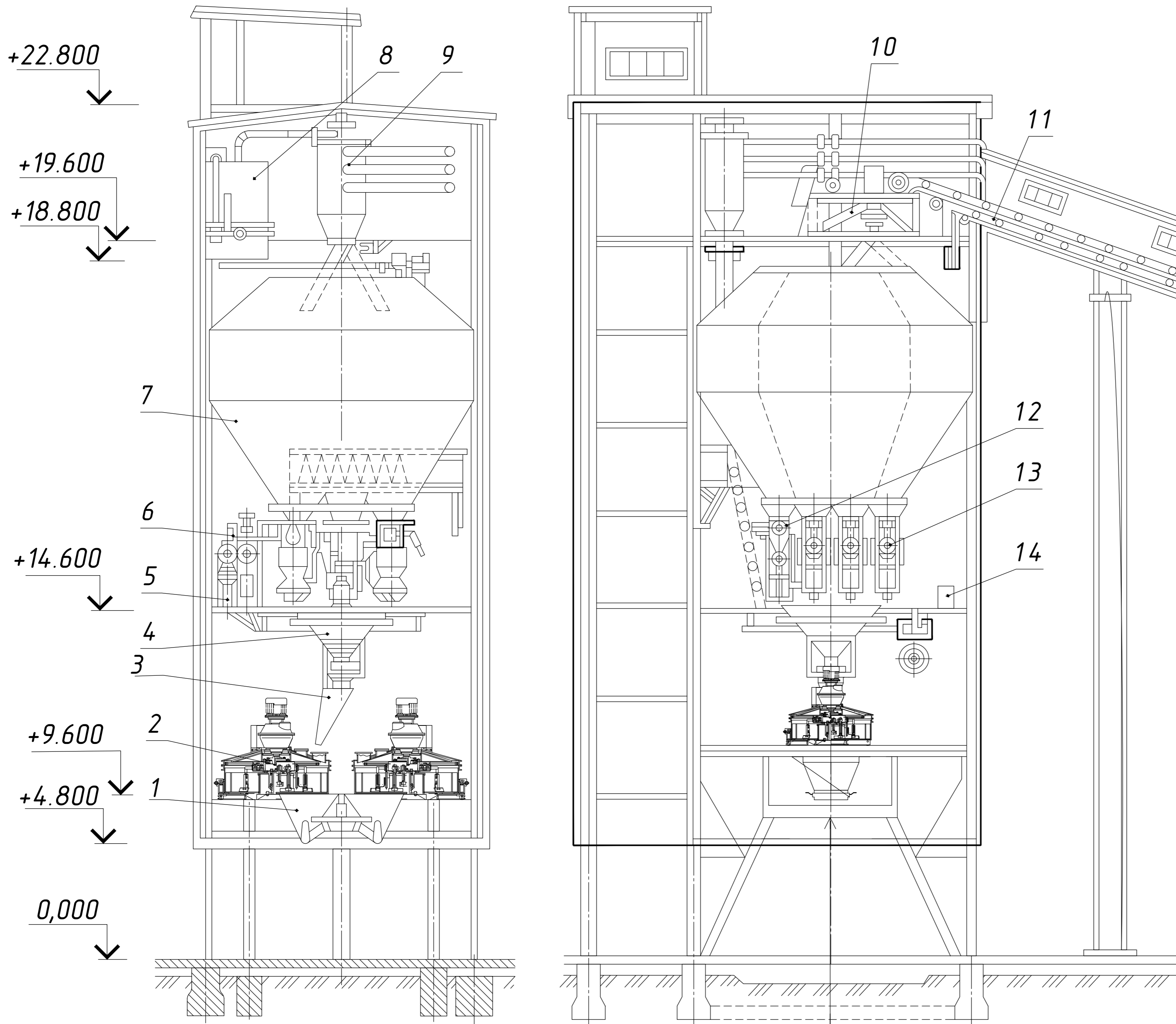
Поз.	Обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
1		Верстак для выпрямления стали	3	
2		Станок для загибки арматуры	1	
3		Пресс для резки арматуры	1	
4		Аппарат точечной сварки	2	
5		Место для вязки каркасов и сеток	2	
6		Самоходная тележка	5	
7		Мостовой кран	3	
8		Бадья для бетона	2	
9		Форма	49	
10		Бетонотрамбовщик	2	
11		Виброплощадка	2	
12		Сушка изделий		

БР-08.03.01.04-2020			
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Лист	Докум.	Подпись
Разработал:	Болотов Е.О.	Витков А.А.	
Руководил:	Дружинин С.В.		
Заб. нар.	Кудрявцев И.Г.		
Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог		Страниц	Лист
		4	10
Технологическая схема производства		СФУ ИСИ каф. СМиТС группа СБ16-41БП	

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

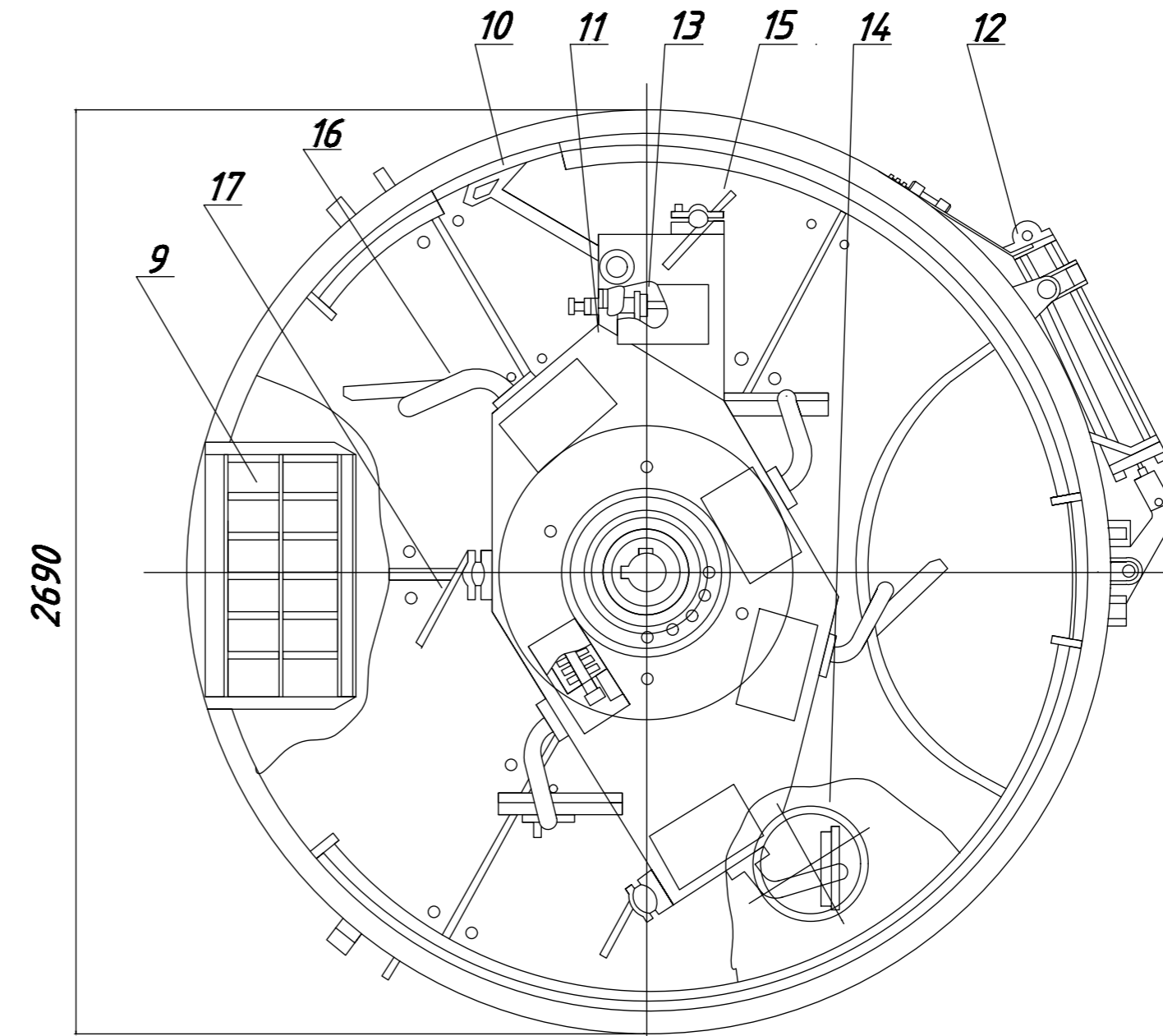
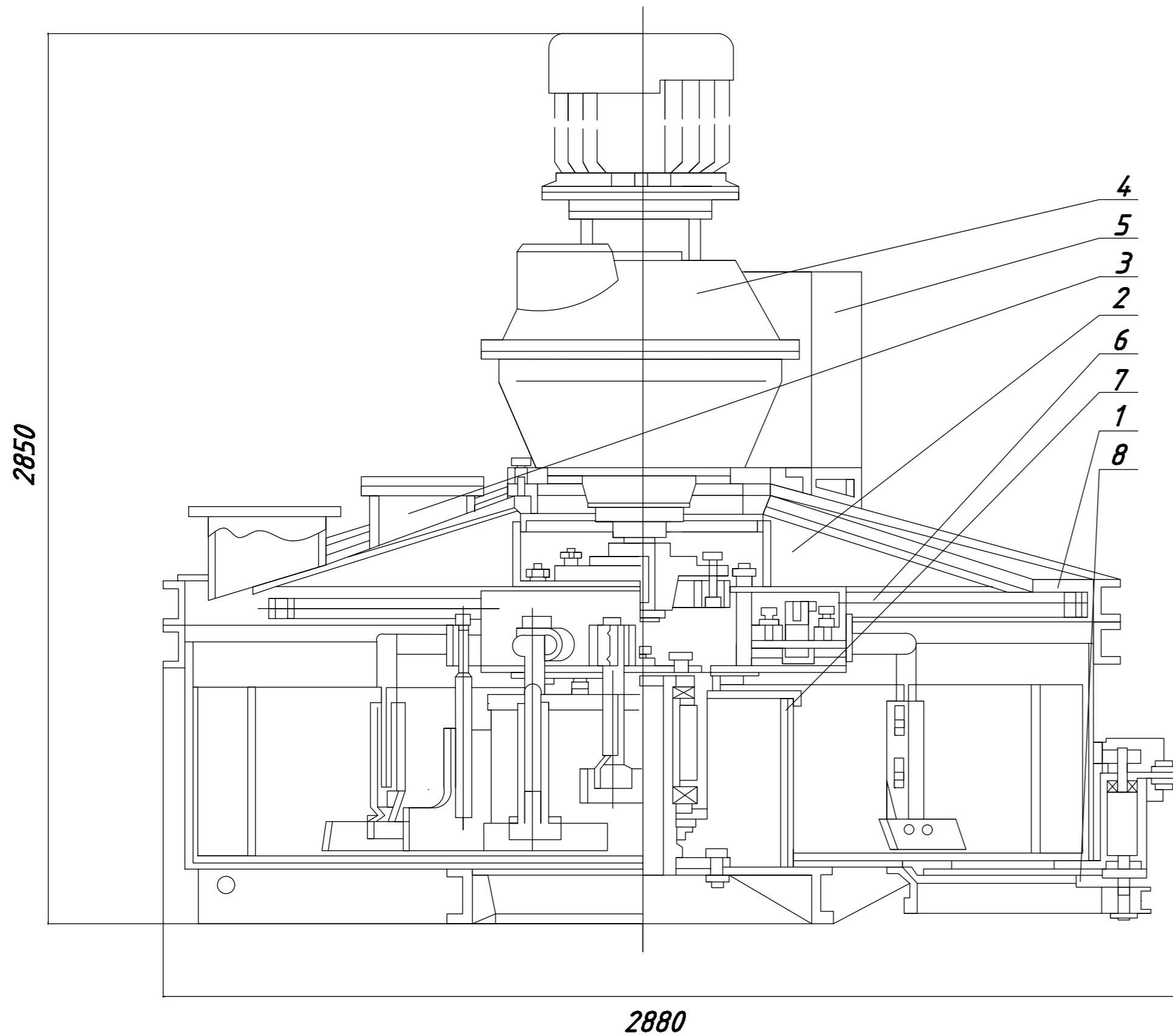
Бетоносмесительная установка



Поз.	Обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
1		Раздаточный бункер	2	
2	СБ-9Э	Бетоносмеситель	2	
3		Поворотная воронка	1	
4		Сборный бункер	1	
5	ДВИ-200 Д	Дозатор песка	2	
6	ЛОДЖ-1200М	Дозатор воды	2	
7	ПБ	Расходный бункер	8	
8		Рукавный фильтр	1	
9	ЦН-11-630	Циклон	1	
10		Поворотная воронка	1	
11		Ленточный конвейер	1	В=400 мм
12	ДВЦ-100 Д	Дозатор цемента	2	
13	ДВИ-200 Д	Дозатор щебня	4	
14		Пульт управления	1	

БР-08.03.01.04-2020				
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Лист	Докум.	Подпись	Дата
Разработал:	Бологов Е.О.	Шмаков А.А.		
Руководил:	Дружинкин С.В.			
Заб. каф.	Будневская И.Г.			
Консультант:	Туркина Е.С.			
Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог				Стадия
				Лист
				Листов
				5 10
Бетоносмесительная установка				СФУ ИСИ каф. СМСТС группа СБ16-41БП

Бетоносмеситель СБ-93



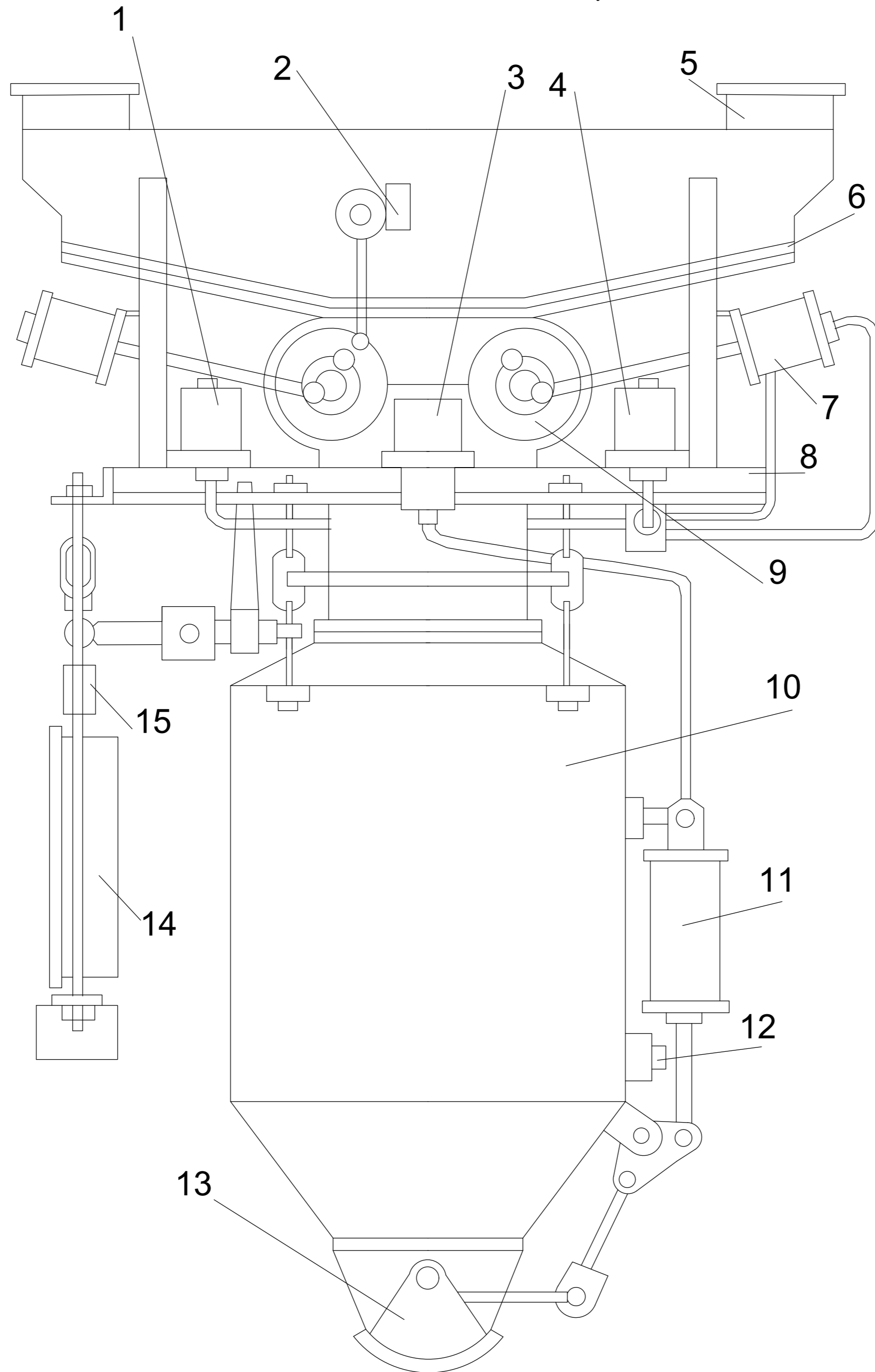
СПЕЦИФИКАЦИЯ

Поз.	Технические характеристики	Значение
1	Объем готового замеса бетонной смеси, л	1000
2	Объем по загрузке сухими составляющими, л	1500
3	Мощность электродвигателя, кВт	40
4	Частота вращения ротора, 1/с	0,333
5	Число циклов в час при приготовлении бетонной смеси, не более	40
6	Крупность заполнителя	70
7	Давление в пневмосистеме, МПа	0.4-0.6
8	Масса, кг	2000
9	Габаритные размеры, мм длина ширина высота	2880 2690 2850

Поз.	Обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
1		Корпус чаши	1	
2		Крышка	1	
3		Патрубок вытяжной	1	
4		Мотор-редуктор	1	
5		Пульт управления	1	
6		Стакан центральный	1	
7		Труба сливная	1	
8		Затвор разгрузочный	1	
9		Лож для загрузки заполнителей	1	
10		Скребок очистной наружный	1	
11		Ротор	1	
12		Пневмоцилиндр	1	
13		Пружина	6	
14		Патрубок для загрузки цемента	1	
15		Лопасть верхняя	6	
16		Лопасть нижняя	2	
17		Скребок очистной внутренний	1	

БР-08.03.01.04-2020			
Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Лист	Докум.	Подпись
Разработал	Белов Е.О.		
Проверил	Шной А.А.		
Руковод	Дружинин С.В.		
Зад. каф.	Байжаргалов И.Г.		
Конструктор	Гурьянов Е.С.		
Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог			Стадия
			Лист
			Листов
Бетоносмеситель СБ-93			6
			10
			СФУ ИСИ каф. СМиТС группа СБ-16-41БП

Весовой дозатор цемента



Поз.	Обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
1		Электропневматический клапан		
2		Конечный выключатель		
3		Электропневматический клапан		
4		Электропневматический клапан		
5		Пневмопитатель		
6		Аэроплитка		
7		Пневмоцилиндр		
8		Рама		
9		Входной затвор		
10		Бункер		
11		Цилиндр		
12		Рычаги		
13		Выходной затвор		
14		Весовой прибор		
15		Система рычагов		

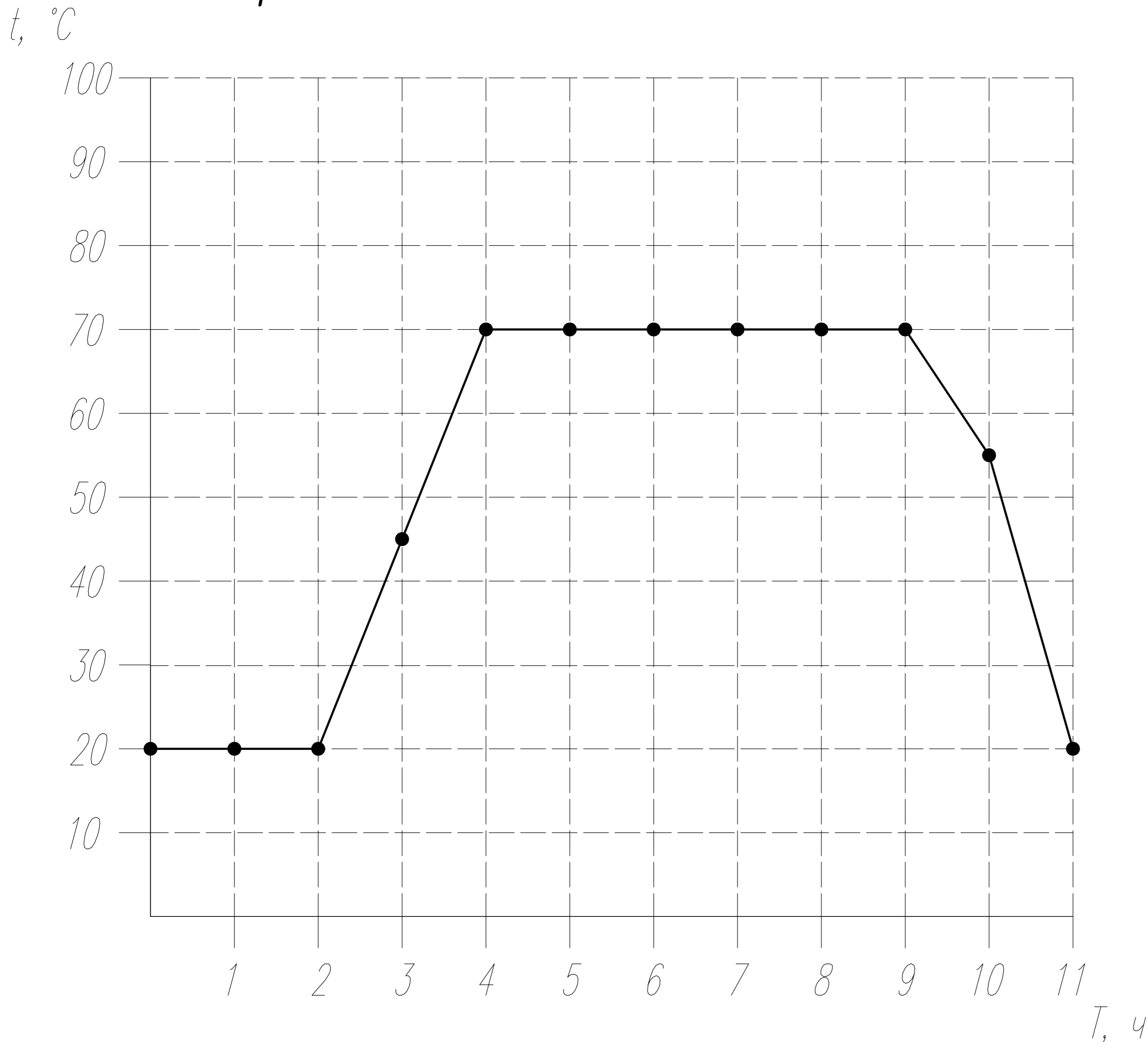
БР-08.03.01.04-2020

Сибирский Федеральный Университет
Инженерно-строительный институт

Изм.	Лист	Докум.	Подпись	Дата	Цех по производству плит железобетонных для покрытий городской дорог	Стадия	Лист	Листов
Разработал:		Волова Е.О.			Весовой дозатор цемента		7	10
Руководил:		Дружников С.В.						
Заб. кафедр:		Кудрявцева И.Г.						

СФУ ИСИ каф. СМиТС
группа СБ16-41БП

График режима тепловлажностной обработки железобетонных дорожных плит



Режим работы камеры ТВО

Предварительная выдержка при 20 °C 2ч

Подъем температуры в камере с 20 °C до 45 °C 1ч

Подъем температуры в камере с 45 °C до 70 °C 1ч

Изотермический прогрев изделий при 70 °C 5ч

Снижение температуры в камере с 70 °C до 55 °C 1ч

Снижение температуры в камере с 55 °C до 20 °C 1ч

Температура изотермического прогрева 70 °C

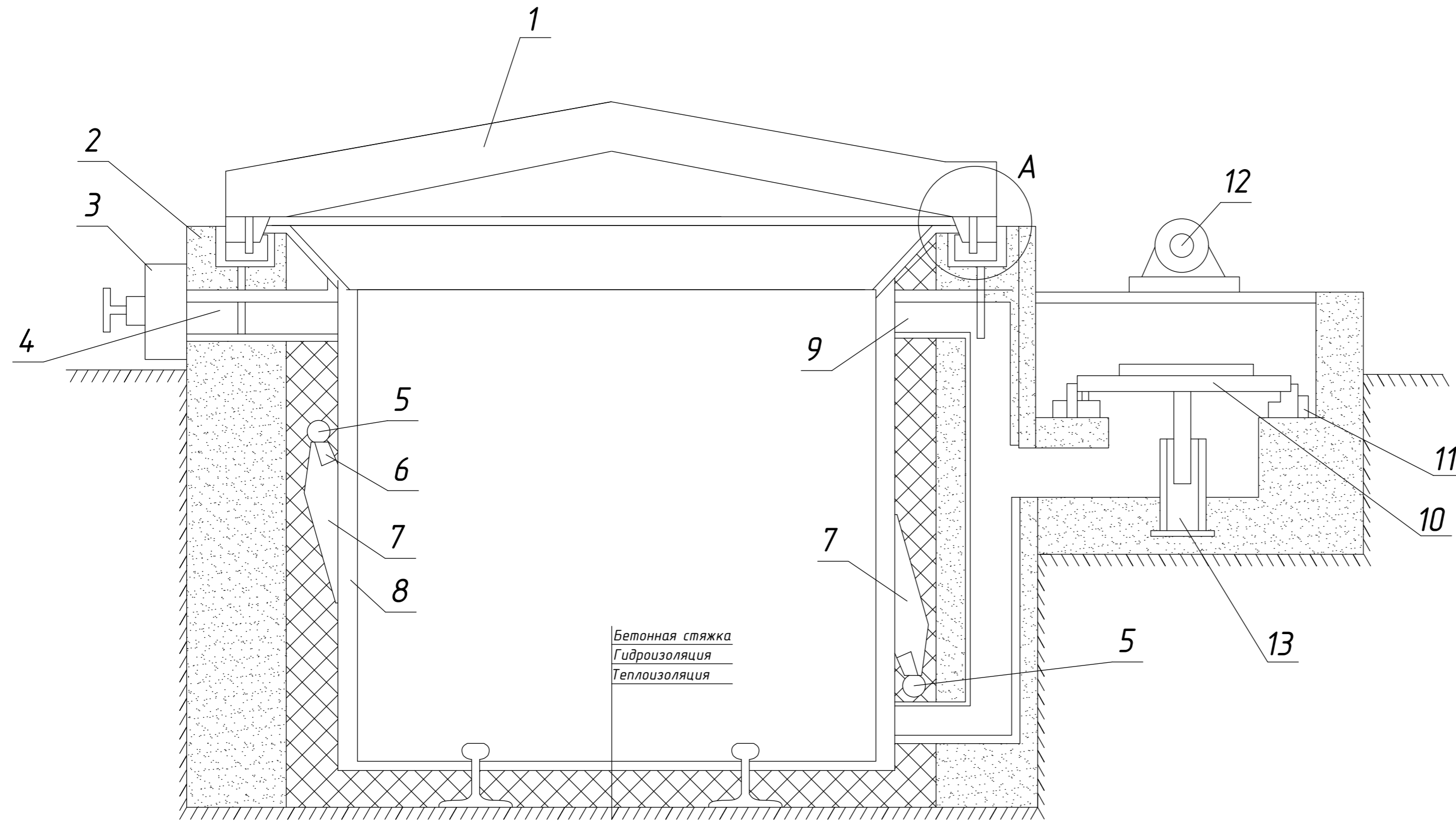
Скорость подъема температуры 25 °C/час

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

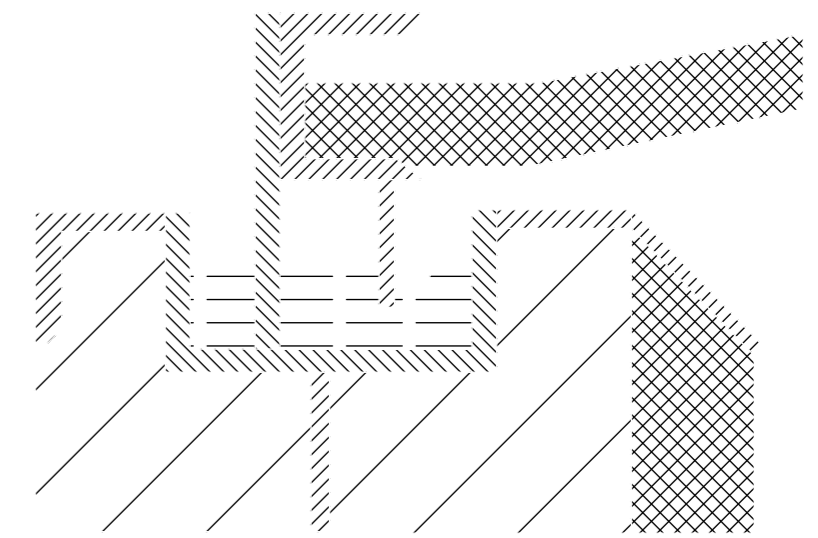
				БР-08.03.01.04-2020				
				Сибирский Федеральный Университет				
				Инженерно-строительный институт				
Изм.	Лист	Докум.	Подпись	Дата	Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог	Стадия	Лист	Листов
							8	10
Разработал:	Белолюб Е.О.							
Проверил:	Иванов А.А.							
Доб. нар.	Дружинин С.В.							
	Евдокимов И.Г.							
				Режим ТВО дорожных плит			СФУ ИСИ каф. СМиТС группа СБ16-41БП	

Внешний вид ямной камеры ТВО



Бетонная стяжка
Гидроизоляция
Теплоизоляция

Узел А



Поз.	Обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
1		Крышка		
2		Гидрозатвор камеры		
3		Вентиляционное отверстие		
4		Крышка вентотверстия с уплотнителем		
5		Распределительный паропровод		
6		Паровыпускное устройство		
7		Ниши для паровыпускного устройства		
8		Защитные ребра		
9		Вентиляционный канал		
10		Вентиляционный клапан		
11		Двойной гидрозатвор вентиляционного клапана		
12		Привод вентиляционного клапана		
13		Направляющая		

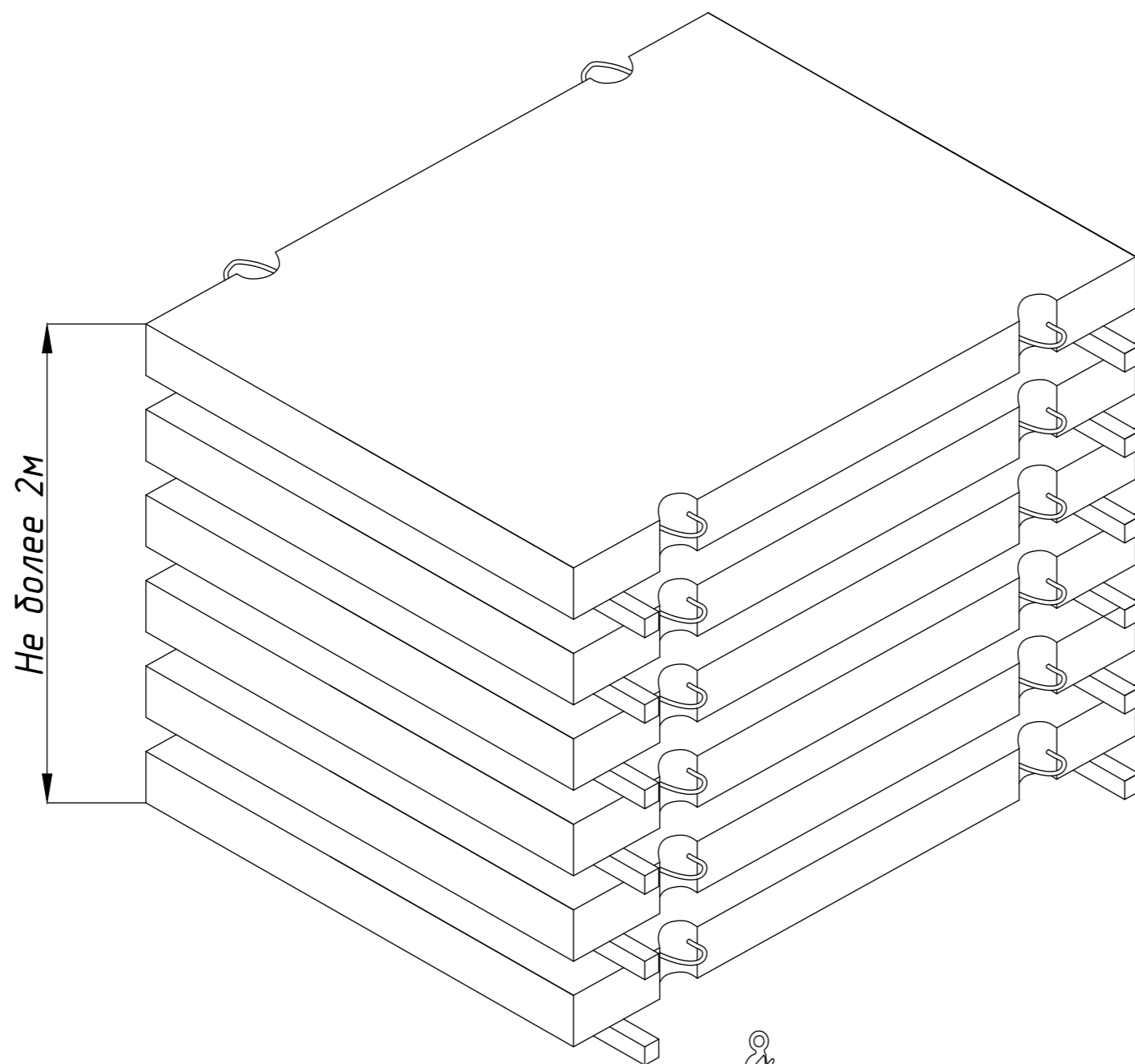
БР-08.03.01.04-2020

Сибирский Федеральный Университет
Инженерно-строительный институт

Изм.	Лист	Докум.	Подпись	Дата	Стадия	Лист	Листов
Разработал:	Болотов Е.О.				Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог	9	10
Руководил:	Дружинин С.В.						
Зав. кафедрой:	Евдокимов И.Г.						

Ямная камера ТВО
СФУ ИСИ каф. СМиТС группа СБ16-41БП

Схема складирования и строповки дорожных плит

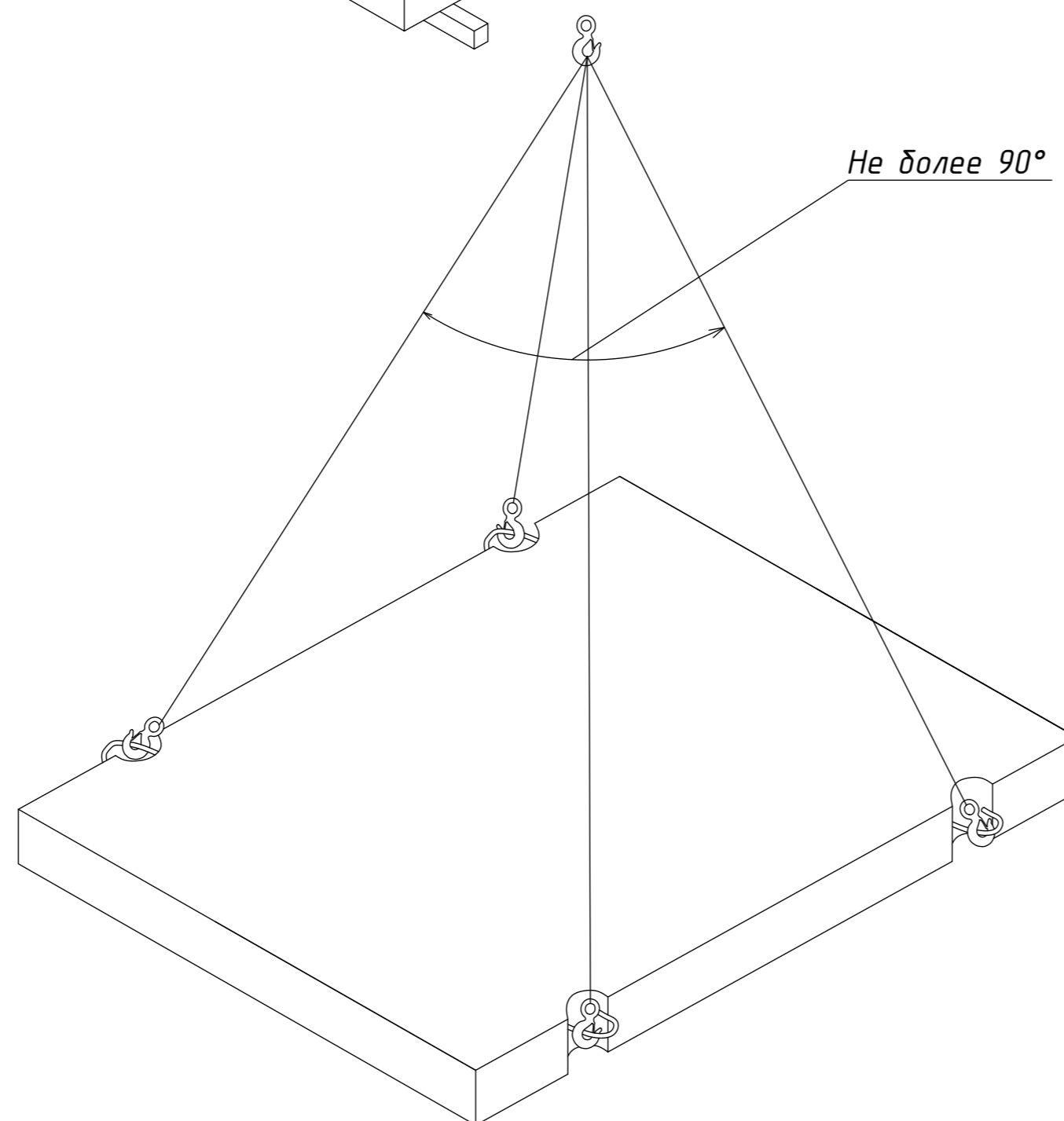


Складирование

Изделия складируют штабелями высотой не более 2м

Каждое новое изделие устанавливают на деревянные прокладки, установленные на изделии ниже

Штабелирование производят грузозахватными механизмами



Строповка

Изделие стропуют за 4 монтажные петли

Для строповки используются канаты 14-Г-В-К-Н-Т-Р-1370
ГОСТ 2688-80

Разрывное усилие каната 86700 Н

					БР-08.03.01.04-2020			
					Сибирский Федеральный Университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Лист	Докум.	Подпись	Дата	Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог	Стация	Лист	Листов
Разработал	Болотов Е.О.						10	10
Руковод	Дружников С.В.							
Зав. каф.	Евдокимов И.Г.							
					Схема складирования и строповки дорожных плит		СФУ ИСИ каф. СМиТС группа СБ16-41БП	

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
институт
«Строительные материалы и технологии строительства»
кафедра


БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

В виде технологической работы

08.03.01 «Строительство»

Код – наименование направления

Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог

Руководитель  25.06.20 канд. техн. наук, доцент С.В. Дружинкин
Подпись, дата Должность, ученая степень инициалы фамилия

Выпускники  25.06.20 Е.О. Болотов
Подпись, дата инициалы фамилия

 25.06.20 А.А. Шпаков
Подпись, дата инициалы фамилия

Красноярск 2020

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
институт
«Строительные материалы и технологии строительства»
кафедра

УТВЕЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ И.Г. Енджиевская
подпись инициалы фамилия

«__» _____ 2020 г

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

В форме бакалаврской работы

Студенту Болотову Евгению Олеговичу

фамилия, имя отчество

Студенту Шпакову Андрею Андреевичу

фамилия, имя отчество

Группа СБ16–41БП Направление (профиль) 08.03.01.17

(номер)

(код)

«Строительство» – профиль «Технология бетонного производства»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы: Цех по производству плит железобетонных для покрытий городских дорог

Утверждена приказом по университету № 7679/С от 11.06.2020

Руководитель ВКР С.В.Дружинкин, канд техн. наук, доцент кафедры СМиТС ИСИ СФУ

инициалы, фамилия, учёное звание, должность и

место работы

Консультант Е.С.Турьшева, канд. техн. наук, доцент кафедры СМиТС ИСИ СФУ

инициалы, фамилия, учёное звание, должность и место работы

Исходные данные для ВКР бакалавра: Условная производительность 20000 м³ в год, разработать технологическую линию по производству дорожных плит по поточно-агрегатной технологии.

Перечень разделов ВКР бакалавра введение, состояние вопроса, технологическая часть, заключение, список использованных источников.

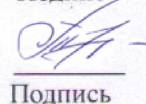
Перечень графического материала Технологическая часть – 10 листов.

Руководитель ВКР


Подпись

С.В. Дружинкин
инициалы фамилия

Консультант

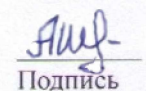

Подпись

Е.С. Турьшева
инициалы фамилия

Задание приняли к исполнению


Подпись

Е.О. Болотов
инициалы фамилия


Подпись

А.А. Шпаков
инициалы фамилия

«__» _____ 2020 г.