ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Логистика и коммерческая работа»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА»

ОБРАЗЕЦ ВЫПОЛНЕНИЯ. ВАРИАНТ 1

Пояснительная записка (сокращённая демонстрационная версия)

Дисциплина «Международные контейнерно-транспортные системы»

Санкт-Петербург
2026

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Таблица 1 — Исходные данные (вариант 1)

Параметр	Значение
Типоразмер контейнера	1А (40-футовый), $n_{ДФЭ} = 2$
Годовой грузооборот по прибытию $Q_{п}$, тыс. т/год	650
Годовой грузооборот по отправлению $Q_{от}$, тыс. т/год	720
Коэффициент месячной неравномерности $k_{м}$	1.15
Доля железнодорожного транспорта $\delta_{ж}$	0.80
Статическая нагрузка контейнера $P_{ст}$, т/конт	13.0
Модель фитинговой платформы	13-4128 (80-футовая, 25,52 м)
Число подач вагонов в сутки p	4
Срок хранения по прибытию $t_{пр}$, сут	7
Срок хранения по отправлению $t_{от}$, сут	5
Срок хранения неисправных $t_{р}$, сут	1
Форма и размеры земельного участка	В — прямоугольная трапеция: a = 680 м, b = 540 м, h = 420 м
Вариант технического оснащения	1 — козловой кран RMG в зоне хранения и на обоих фронтах
Пролёт козлового крана $L_{п}$, м	32
Число ж/д путей в пролёте $n_{ж}$	1
Доля контейнеров по прямому варианту $\alpha_{н}$	0.11
Время работы терминала T, ч	24
Расчётная скорость автомобиля U, км/ч	30
Расстояния до складов l_1 / l_2 / l_3, км	15 / 14 / 21
Доля контейнеров с одной грузовой операцией, %	67
Вариант распределения по назначениям	1

РАЗДЕЛ 0. ГРУЗОВАЯ ЕДИНИЦА И КОНТЕЙНЕР

Результаты ранее выполненных практических работ переносятся в пояснительную записку в сокращённом виде и в курсовом проекте не пересчитываются. Ниже приведена сводка выходных данных, используемых в расчётах терминала.

Таблица 2 — Сводка результатов раздела 0

Показатель	Значение	Использование
Типоразмер контейнера	1А (40-футовый)	Задачи 1–3
Число ДФЭ в контейнере	2	Задачи 1–3
Статическая нагрузка $P_{ст}$	13,0 т/конт	Задача 1
Схема загрузки	двухъярусная, 22 транспортных пакета	раздел 0
Крепление	пневмооболочки, 7 шт.	раздел 0
Маркировочный код	по ГОСТ 52524–2005, контрольное число рассчитано	оформление

ЗАДАЧА 1. ГРУЗОПОТОК КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА

1.1. Расчётный полигон

Схема расчётного полигона построена по данным бланка исходных данных (таблица 3). Расстояния приняты по Тарифному руководству № 4 и проверены по схеме железных дорог.

Таблица 3 — Характеристики населённых пунктов полигона

Населённый пункт	Код станции	Дорога	Широта, град	Долгота, град	Годовой грузооборот, тыс. т
Киров	270202	Горьковская	58.60	49.66	67.0
Вологда	300107	Северная	59.22	39.88	106.6
Тула	210101	Московская	54.20	37.64	67.0

Псков	070605	Октябрьская	57.81	28.35	67.0
Москва	060007	Октябрьская	55.75	37.61	120.2
Ярославль	310105	Северная	57.63	39.83	266.4
Томск	873901	Западно-Сибирская	56.50	84.97	26.6

Таблица 4 — Тарифные расстояния между населёнными пунктами, км

	Киров	Вологда	Тула	Псков	Москва	Ярославль	Томск
Киров	—	637	1108	1408	942	678	2694
Вологда	637	—	763	877	540	219	3320
Тула	1108	763	—	991	239	554	3675
Псков	1408	877	991	—	814	738	4091
Москва	942	540	239	814	—	331	3534
Ярославль	678	219	554	738	331	—	3361
Томск	2694	3320	3675	4091	3534	3361	—

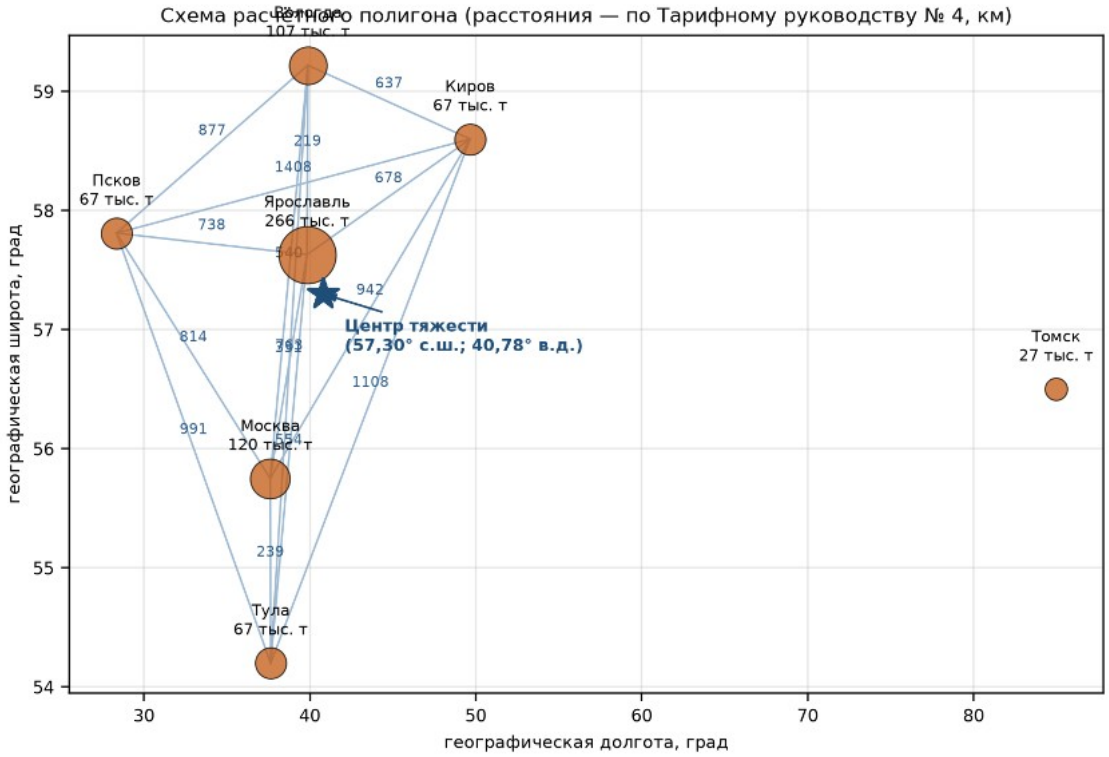


Рисунок 1 — Схема расчётного полигона и положение центра тяжести

1.2. Место расположения контейнерного терминала

Географические координаты центра тяжести контейнеропотоков рассчитаны по формуле (1):

$$\varphi_ц = \Sigma(Q_i \cdot \varphi_i) / \Sigma Q_i = 41\ 300.4 / 720.8 = 57.30° \text{ с.ш.}; \quad (1.1)$$

$$\lambda_ц = \Sigma(Q_i \cdot \lambda_i) / \Sigma Q_i = 29\ 391.4 / 720.8 = 40.78° \text{ в.д.} \quad (1.2)$$

Расчётная точка (57.30° с.ш.; 40.78° в.д.) расположена в Ярославской области, в 45 км восточнее Ярославля и в 60 км южнее Вологды. Ближайшие крупные железнодорожные узлы — Ярославль-Главный (код 310105, Северная ж. д.) и Вологда (код 300107).

Принято: терминал размещается на станции **Ярославль-Главный** Северной железной дороги. Обоснование: узел является пересечением широтного (Москва — Киров) и меридионального (Вологда — Москва) ходов; к узлу подходит федеральная автомобильная дорога М-8; в районе станции имеются свободные площадки вне перспективной городской застройки; узел позволяет формировать маршрутные контейнерные поезда. Альтернатива

(Вологда) отклонена: удаление от центра тяжести на 60 км при меньшем числе примыкающих направлений.

1.3. Суточный объём работы терминала

Число контейнеров в годовом грузообороте по формуле (2):

$$N_{п} = 650 \cdot 1000 / 13.0 = 50\,000 \text{ конт/год}; \quad (1.3)$$

$$N_{от} = 720 \cdot 1000 / 13.0 = 55\,385 \text{ конт/год}. \quad (1.4)$$

Среднесуточные объёмы работы по формулам (3)–(5):

$$Q_{сут.п}^{ж} = 50\,000 \cdot 1.15 \cdot 0.80 / 365 = 126.0 \text{ конт/сут}; \quad (1.5)$$

$$Q_{сут.от}^{ж} = 55\,385 \cdot 1.15 \cdot 0.80 / 365 = 139.6 \text{ конт/сут}; \quad (1.6)$$

$$Q_{сут.п}^{а} = 50\,000 \cdot 1.15 \cdot 0.20 / 365 = 31.5 \text{ конт/сут}; \quad (1.7)$$

$$Q_{сут.от}^{а} = 55\,385 \cdot 1.15 \cdot 0.20 / 365 = 34.9 \text{ конт/сут}. \quad (1.8)$$

Поскольку $N_{от} > N_{п}$, порожние контейнеры **ввозятся** на терминал под загрузку у грузоотправителей:

$$N_{пор} = (55\,385 - 50\,000) \cdot 1.15 / 365 = 17.0 \text{ конт/сут}. \quad (1.9)$$

Таблица 5 — Суточный объём работы контейнерного терминала

Показатель	Прибытие	Отправление	Всего
Гружёные контейнеры по железной дороге, конт/сут	126.0	139.6	265.6
Гружёные контейнеры автомобильным транспортом, конт/сут	31.5	34.9	66.4
Порожние контейнеры, конт/сут	17.0	0,0	17.0
Итого физических контейнеров, конт/сут	174.5	174.5	349.0
Итого в ДФЭ, ДФЭ/сут	**349.0**	**349.0**	**698.0**

Годовой грузооборот терминала в ДФЭ (с порожними):

$$Q_{год} = (50\,000 + 55\,385 + 5\,385) \cdot 2 = 221\,538 \text{ ДФЭ/год}. \quad (1.10)$$

1.4. План формирования и календарное расписание

Месячная погрузка на все назначения по формуле (7):

$$Q_{мес} = 139.6 \cdot 30 = 4\,188 \text{ конт/мес}. \quad (1.11)$$

Расчёт назначений выполнен по формулам (8)–(9); число контейнеров на 80-футовой платформе $n_{пл} = 2$.

Таблица 6 — Назначения плана формирования

Назначение	Доля в погрузке γ_i, %	Количество контейнеров в месяц	Количество контейнеров в сутки	Расчётный интервал, сут	Принятый интервал, сут
Q1	9	377	12.56	0,159	1
Q2	14	586	19.54	0,102	1
Q3	31	1 298	43.28	0,046	1
Q4	18	754	25.13	0,080	1
Q5	8	335	11.17	0,179	1
Q6	20	838	27.92	0,072	1
Итого	**100**	**4 188**	**139.60**	—	—

Так как расчётный интервал накопления для всех назначений менее 1 суток, погрузка выполняется ежедневно; месячная погрузка распределяется по числам месяца равномерно с округлением накопленным итогом.

Таблица 7 — Календарное расписание приёма контейнеров к отправлению, числа месяца 1–15

Назначение	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Итого
Q1	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	195
Q2	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	300
Q3	44	44	44	44	44	44	44	44	43	43	43	43	43	43	43	653
Q4	26	26	26	26	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	379
Q5	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	170
Q6	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	420
Итого конт.	143	143	143	143	142	141	141	141	140	140	140	140	140	140	140	2117
Итого ваг.	72	72	72	72	71	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	1058

Таблица 7 (продолжение) — числа месяца 16–30

Назначение	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Итого
Q1	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	182
Q2	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	286
Q3	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	645
Q4	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	375
Q5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	165
Q6	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	27	27	418
Итого конт.	140	139	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	138	137	137	2071
Итого ваг.	70	70	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	68	68	1036

1.5. Размер подачи и длина грузового фронта

Число платформ в подаче по формуле (10):

$$m = 126.0 \cdot 1{,}2 / (2 \cdot 4) = 19.0 \rightarrow \text{принимаем 19 платформ.} \quad (1.12)$$

Длина фронта подачи по формуле (11):

$$L_ф = 19 \cdot 25{,}52 = 484.9 \text{ м} \rightarrow \text{принимаем } L = 486 \text{ м (кратно 6 м).} \quad (1.13)$$

Вывод по Задаче 1. Терминал размещается на станции Ярославль-Главный; расчётные суточные потоки составляют 698 ДФЭ/сут (прибытие 349, отправление 349), годовой грузооборот 221 538 ДФЭ/год; в подаче 19 фитинговых платформ, длина грузового фронта 485 м, длина контейнерного двора принимается 486 м.

ЗАДАЧА 2. ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПЛАН КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА

2.1. Площадь земельного участка

Участок имеет форму прямоугольной трапеции (вариант В): a = 680 м, b = 540 м, h = 420 м. Площадь по формуле (12):

$$S = ½ \cdot (680 + 540) \cdot 420 = 256\,200 \text{ м}^2 \text{ (25.6 га).} \quad (2.1)$$

$$FC = 256\,200 \cdot 0{,}60 = 153\,720 \text{ м}^2; \quad (2.2)$$

$$S_{к.с.} = 153\,720 \cdot 0{,}50 = 76\,860 \text{ м}^2; \quad (2.3)$$

$$S_{к.п.} = 153\,720 \cdot (1 - 0{,}50) \cdot 1{,}25 = 96\,075 \text{ м}^2. \quad (2.4)$$

Полученные площади являются предварительными. Фактическая площадь крытого склада принята по строительному модулю (два пролёта по 24 м, длина 144 м, кратная 6 м) и составляет 144 × 48 = 6 912 м²; фактическая площадь контейнерного двора — 486 × 89 = 43 254 м². Разница отнесена в резерв перспективного развития, под стоянки и зону ремонта контейнеров.

2.2. Ёмкость и размеры контейнерных площадок

Число контейнеров по ширине пролёта по формуле (14) при $L_п = 32$ м, $n_ж = 1$:

$$x = ε\{(32 − 2·1,5 − 1·4,9) / 2,6\} = ε\{24.1 / 2,6\} = 9. \quad (2.5)$$

Число контейнеров по длине площадки по формуле (15) при L = 486 м и числе поперечных противопожарных проходов $n_{пр} = 12$:

$$y = ε\{(486 − 2·10 − 12·1,5) / 6,3\} = ε\{448.0 / 6,3\} = 71. \quad (2.6)$$

Ёмкость одной нитки (площадки) по формуле (13):

$$R_1 = 9·71·3 = 1\,917 \text{ ДФЭ}. \quad (2.7)$$

Требуемая ёмкость контейнерного двора по формуле (16):

$$R_{тр} = (349.0·7 + 349.0·5)·1,03 = 4\,314 \text{ ДФЭ}. \quad (2.8)$$

Одна нитка (R_1 = 1 917 ДФЭ) недостаточна. Принимаем **две нитки** (два козловых крана на обособленных подкрановых путях): площадка № 1 — гружёные контейнеры (z = 3), площадка № 2 — порожние контейнеры и ремонтный фонд (z = 5).

$$R = 1\,917 + 9·71·5 = 1\,917 + 3\,195 = 5\,112 \text{ ДФЭ}. \quad (2.9)$$

Резерв ёмкости по формуле (17):

$$ΔR = (5\,112 − 4\,314) / 4\,314·100\,\% = 18.5\,\%. \quad (2.10)$$

Резерв 18,5 % находится в рекомендуемом диапазоне 10–20 %, следовательно ёмкость контейнерного двора достаточна.

2.3. Потребное число средств механизации

Число смен работы по формуле (18): $n_{см} = 24/7 = 3$. Сменная норма выработки козлового крана RMG: $Q_{см} = 12·7 = 84$ конт/смену.

$N_м = 349.0·(1 − 0.11)·1,2 / (84·3) = 1.48 \rightarrow$ принимаем **2 козловых крана** RMG (по числу ниток). (2.11)

Принятое число кранов совпадает с числом ниток контейнерного двора, что обеспечивает независимую работу каждой площадки.

2.4. Перерабатывающая способность терминала

Средний срок хранения и оборачиваемость по формуле (19):

$$\bar{τ} = (7 + 5) / 2 = 6.0 \text{ сут}; \qquad η = 365 / 6.0 = 60.8 \text{ 1/год}. \quad (2.12)$$

Перерабатывающая способность по ёмкости по формуле (20):

$$П_{емк} = 5\,112·365 / (6.0·1,03) = 301\,922 \text{ ДФЭ/год}. \quad (2.13)$$

Перерабатывающая способность по средствам механизации по формуле (21):

$$П_{мех} = 2·12·2·24·365 = 420\,480 \text{ ДФЭ/год}. \quad (2.14)$$

Перерабатывающая способность терминала по формуле (22):

$П = \min\{301\,922; 420\,480\} = 301\,922$ ДФЭ/год — ограничивающий фактор: **ёмкость площадки**. (2.15)

Коэффициент использования перерабатывающей способности по формуле (23):

$$K_{исп} = 221\,538 / 301\,922 = 0.73. \quad (2.16)$$

Значение $K_{исп}$ = 0.73 находится в рекомендуемом диапазоне 0,70–0,90: проектная мощность используется эффективно и имеется резерв на рост грузооборота.

2.5. Стоянки автотранспорта

Число мест на стоянке грузовых автомобилей по формуле (24):

$$R_a = (31.5 + 34.9)\cdot 2{,}5 / 24 = 6.9 \rightarrow \text{с учётом 25 \% резерва принимаем 9 мест.} \quad (2.17)$$

Стоянка грузовых автомобилей — шириной 18 м, по 4 м на автомобиль, размером 36 × 18 м. Стоянка легковых автомобилей — 12 мест, шириной 6 м.

2.6. Проектные решения по генеральному плану

Генеральный план терминала разработан на листе А1 в масштабе 1:1000 (рисунок 2). Территория разделена на три функциональные зоны: железнодорожную (северная и центральная части), контейнерный двор (центральная часть) и автотранспортную (южная часть).

Железнодорожная зона. Железнодорожные пути входят на территорию с запада. Входной стрелочный перевод расположен в границах терминала. Горловина образована двумя стрелочными переводами, от которых отходят два погрузочно-разгрузочных пути (введены в пролёты козловых кранов КК-1 и КК-2) и выставочный путь для приёма, накопления и уборки подач. Суммарная длина путей на терминале — около 1 500 м, что превышает нормативные 850 м и позволяет в перспективе обрабатывать маршрутные поезда.

Контейнерный двор. Две контейнерные площадки размером 486 × 32 м каждая расположены параллельно железнодорожным путям и обслуживаются козловыми кранами RMG с пролётом 32 м. Площадка № 1 (секции 1–3) предназначена для гружёных контейнеров и имеет три яруса хранения; площадка № 2 (секции 4–6) — для порожних контейнеров и ремонтного фонда, пять ярусов. Каждая площадка разбита на три секции по назначениям плана формирования, места пронумерованы для быстрого поиска контейнеров. Вдоль площадок предусмотрены продольные проезды шириной 25 м с местами погрузки-выгрузки автотранспорта шириной 19 м.

Автотранспортная зона. Главная внутриплощадочная автодорога шириной 11 м (двустороннее движение) проходит вдоль южной границы; движение на площадке одностороннее кольцевое против часовой стрелки со скоростью не более 10 км/ч. Въезд (КПП-1) и выезд (КПП-2, аварийный) разнесены на противоположные стороны участка. У выезда размещён административно-бытовой корпус площадью 432 м²; предусмотрены стоянки грузовых (9 мест) и легковых (12 мест) автомобилей.

Вспомогательные объекты. Крытый склад тарно-штучных грузов 144 × 48 м с погрузочно-разгрузочной рампой, зона технического обслуживания и ремонта контейнеров, площадка для хранения тары и мусора (не менее 15 м от зданий), трансформаторная подстанция 5 × 5 м (35 м от склада, что превышает нормативные 24 м), кольцевые противопожарные проезды, тротуары шириной 2,5 м, противопожарная зона 10 м от ограждения до штабелей.

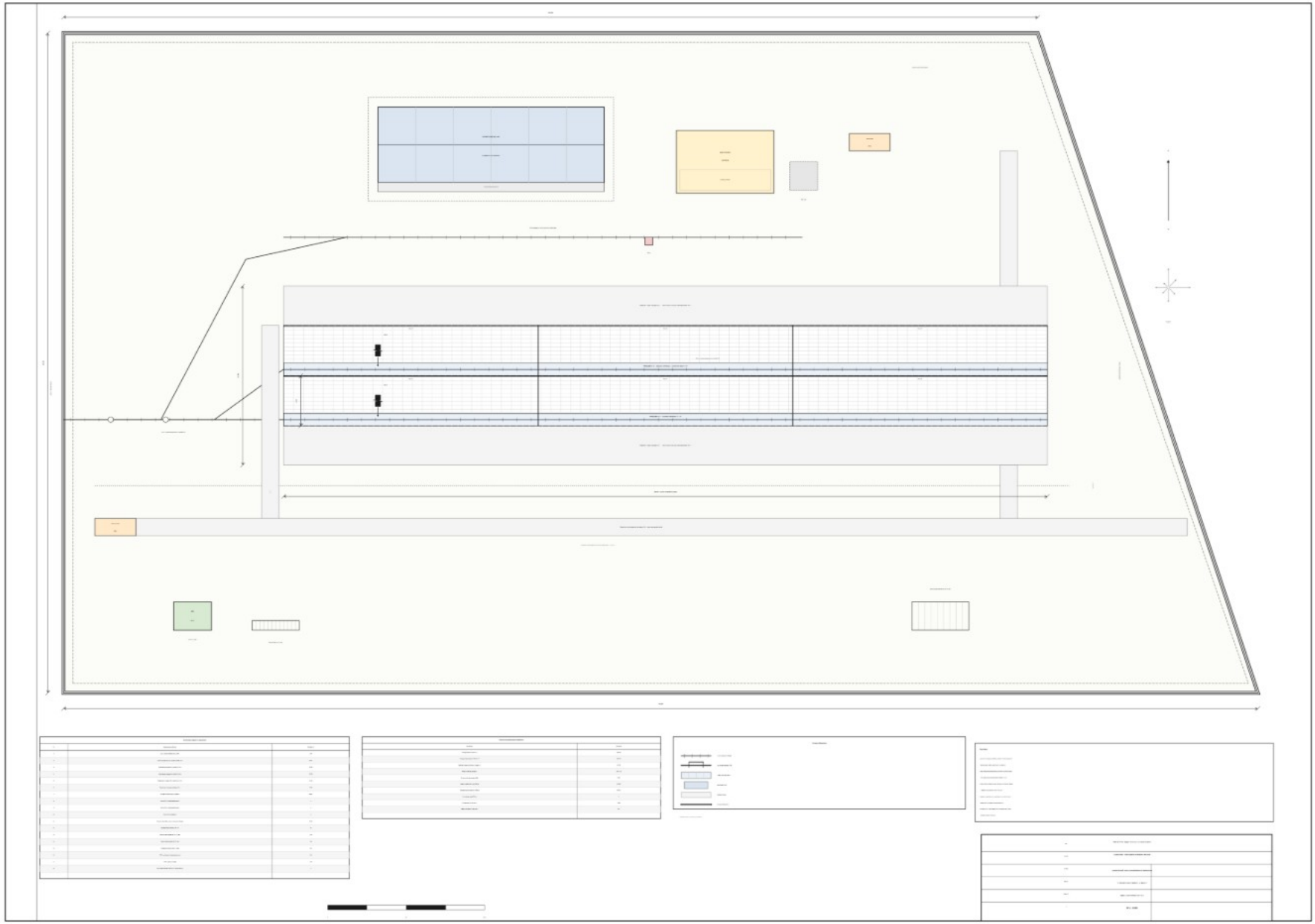


Рисунок 2 — Генеральный план контейнерного терминала (М 1:1000, лист А1)

Таблица 8 — Технико-эксплуатационные показатели терминала

Показатель	Значение
Площадь земельного участка S, м²	256 200
Площадь полезной застройки FC = S·$K_з$, м²	153 720
Расчётная площадь контейнерных площадок, м²	96 075
Фактическая площадь контейнерного двора, м²	43 254
Размеры контейнерного двора, м	486 × 89
Ёмкость контейнерного двора R, ДФЭ	5 112
Нормативная потребность в ёмкости $R_{тр}$, ДФЭ	4 314
Резерв ёмкости ΔR, %	18.5
Годовой грузооборот терминала, ДФЭ/год	221 538
Перерабатывающая способность П, ДФЭ/год	301 922
Коэффициент использования перерабатывающей способности	0.73
Число козловых кранов RMG, шт.	2
Суммарная длина ж/д путей, м	1 500
Число мест на стоянке грузовых автомобилей	9
Коэффициент застройки территории	0.21

ЗАДАЧА 3. СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ ТЕРМИНАЛА

3.1. Параметры модели

Модель построена в среде InsightMaker. Границы модели: от подвода подачи вагонов и прибытия автомобилей до погрузки контейнеров в вагоны и выдачи их автотранспортом. Единица измерения потоков — ДФЭ, время — сутки. Шаг интегрирования 1/96 сут (15 мин), метод Эйлера, горизонт моделирования 30 сут.

Таблица 9 — Параметры модели (вариант 1)

Параметр	Обозначение	Значение	Единица
Ёмкость контейнерного двора	R	5 112	ДФЭ
Нормативная потребность в ёмкости	$R_{тр}$	4 314	ДФЭ
Число козловых кранов	$N_м$	2	шт.
Крановая переработка	$П_{кр}$	1 152	ДФЭ/сут
Число подач в сутки	p	4	1/сут
Контейнеров в подаче	$V_{подачи}$	76	ДФЭ
Срок хранения по прибытию	$t_{пр}$	7	сут
Срок хранения по отправлению	$t_{от}$	5	сут
Прибытие по железной дороге	$Q_{сут.п}^{ж}$	279.2	ДФЭ/сут
Прибытие автотранспортом	$Q_{сут.п}^{а}$	69.8	ДФЭ/сут
Число рейсов автомобилей	$N_{рейс}$	69.8	рейс/сут
Число постов авто фронта	$n_а$	2	шт.
Производительность поста	$П_а$	4	ДФЭ/ч

3.2. Результаты базового сценария

После выхода на установившийся режим (5–7 модельных суток) запас контейнеров на площадке составляет 4458 ДФЭ при среднем значении 4405 ДФЭ, максимальное значение 4514 ДФЭ, что соответствует 88.3 % проектной ёмкости. Очередь автомобилей не превышает 1 единиц, среднее время ожидания — 0.18 ч, коэффициент использования козловых кранов — 58.1 %.

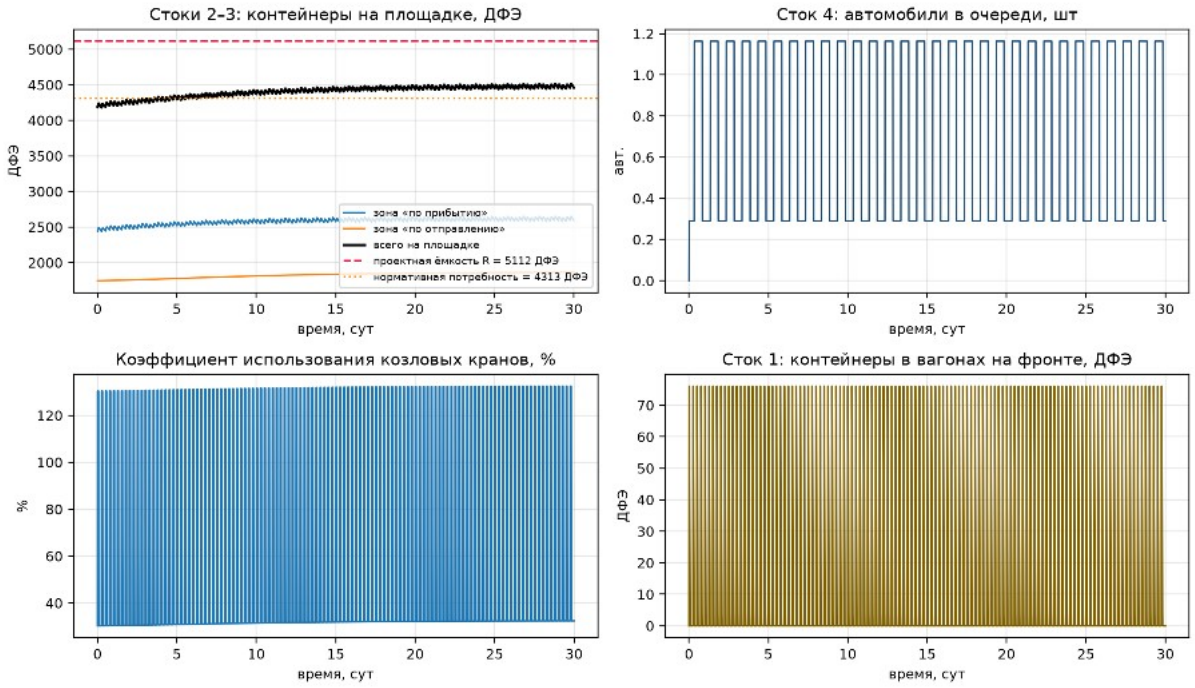


Рисунок 3 — Результаты базового сценария моделирования

3.3. Сценарные эксперименты

Результаты пяти сценариев сведены в таблицу 10 и представлены на рисунке 4.

Таблица 10 — Результаты сценарных экспериментов

Сценарий	Запас max, ДФЭ	Запас средний, ДФЭ	Использо-вание ёмкости, %	Очередь max, авт.	Ожидание, ч	Переполнение, ч
S0. Базовый (расчётные сутки)	4 514	4 405	88.3	1	0.18	0
S1. Пиковые сутки ×1,35	5 744	5 284	112.4	2	0.25	512
S2. Задержка вывоза: tпр = 28 сут	12 088	11 835	236.5	1	0.18	720
S3. Один кран вместо двух	4 203	3 454	82.2	1	0.18	0
S4. Прямой вариант 30 %	4 234	3 856	82.8	1	0.13	0

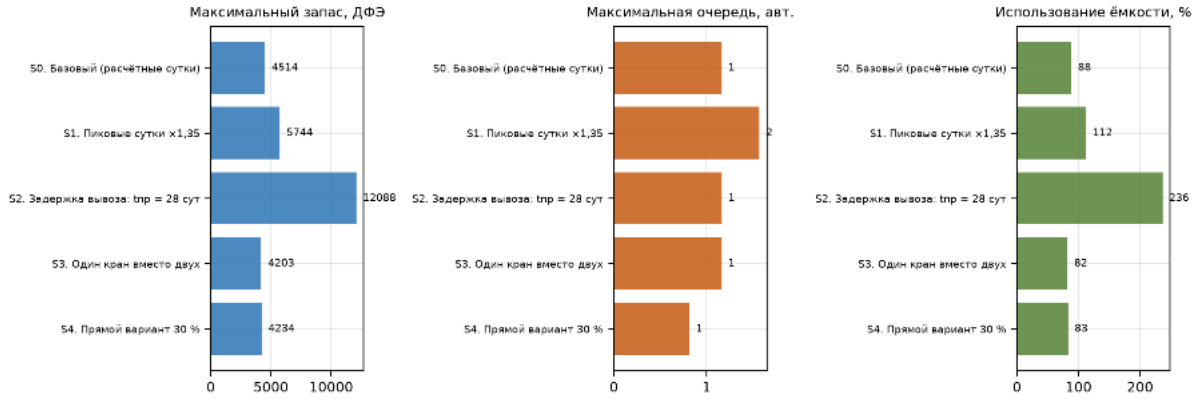


Рисунок 4 — Сравнение сценариев моделирования

3.4. Верификация модели

Верификация выполнена сравнением установившегося запаса контейнеров на площадке с нормативной потребностью в ёмкости, рассчитанной в Задаче 2:

$$\delta = |4514 - 4314| / 4314 \cdot 100\ \% = 4.6\ \%. \qquad (3.1)$$

Расхождение 4.6 % не превышает допустимых 10 %, следовательно модель корректно воспроизводит процесс, а принятые в Задаче 2 проектные решения согласованы между собой.

3.5. Анализ узких мест и корректировка генплана

Анализ сценариев показал следующее.

Базовый сценарий. Терминал работает устойчиво: запас контейнеров 88.3 % ёмкости, очередь автомобилей незначительна, коэффициенты использования механизмов ниже единицы. Проектное решение работоспособно.

Пиковые сутки (k = 1,35). Запас достигает 5744 ДФЭ (112.4 % ёмкости), переполнение сохраняется 512 ч из 720 ч моделирования, то есть проект работает на пределе. Это подтверждает правильность принятого резерва 18,5 % и показывает, что дальнейший рост неравномерности потребует увеличения ёмкости.

Задержка вывоза ($t_{пр}$ = 28 сут). Запас возрастает до 12088 ДФЭ — 236 % ёмкости; площадка работает в режиме переполнения. Основной риск терминала — не техническая производительность, а нарушение клиентурой сроков вывоза контейнеров.

Отказ одного крана. Коэффициент использования оставшегося крана возрастает до 84.7 %, а число вагонов, ожидающих обработки на фронте, увеличивается до 179 (против 4 в базовом сценарии) — ж/д фронт становится узким местом, работа терминала возможна только с сокращением числа подач.

**Прямой вариант 30 %. Запас снижается до 4234 ДФЭ (82.8 % ёмкости), одновременно сокращается нагрузка на козловые краны. Перегрузка «вагон — автомобиль» — действенный резерв повышения пропускной способности без капитальных затрат.

Корректировки, внесённые в проект по результатам моделирования:

в договор на терминальное обслуживание включён предельный срок хранения контейнеров по прибытию не более 7 сут с повышающим коэффициентом при превышении — мера снижает риск переполнения площадки (сценарий S2);

в секции 4 площадки № 2 выделена зона для контейнеров с просроченным сроком хранения вместимостью не менее 300 ДФЭ;

предусмотрена возможность увеличения числа ярусов хранения на площадке № 2 с 5 до 6 (резерв ёмкости +639 ДФЭ) при росте грузооборота;

на автомобильном фронте зарезервирована площадка для установки третьего поста обслуживания при увеличении доли прямого варианта;

в графике работы терминала предусмотрена приоритетная обработка подач в утренние часы для снижения простоя вагонов.

Указанные корректировки не изменяют геометрию генплана и отражены в примечаниях к чертежу и в разделе 3 пояснительной записки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовом проекте спроектирован контейнерный терминал на станции Ярославль-Главный Северной железной дороги для обслуживания семи населённых пунктов расчётного полигона.

По результатам Задачи 1 годовой грузооборот терминала составляет 221 538 ДФЭ, расчётные суточные потоки — 698 ДФЭ/сут; в подаче обрабатывается 19 фитинговых

платформ, длина грузового фронта 485 м. Место размещения обосновано расчётом центра тяжести контейнеропотоков (57,30° с.ш.; 40,78° в.д.).

В Задаче 2 рассчитаны параметры генерального плана: площадь земельного участка 256 200 м², контейнерный двор размером 486 × 89 м ёмкостью 5 112 ДФЭ, два козловых крана RMG с пролётом 32 м, перерабатывающая способность 301 922 ДФЭ/год при коэффициенте использования 0.73. Разработан генеральный план терминала (лист А1, М 1:1000) с экспликацией и технико-эксплуатационными показателями.

В Задаче 3 построена системно-динамическая модель работы терминала в среде InsightMaker и проверена работоспособность проекта в пяти сценариях. Верификация показала расхождение с нормативным расчётом 4.6 %, что подтверждает корректность проектных решений. Выявлены узкие места (соблюдение клиентурой сроков вывоза, отказ крана) и сформулированы организационные корректировки, не требующие изменения геометрии генплана.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 52524–2005 (ИСО 6346:1995). Контейнеры грузовые. Кодирование, идентификация и маркировка. — М.: Стандартинформ, 2006.

2. ГОСТ 9238–2013. Габариты железнодорожного подвижного состава и приближения строений. — М.: Стандартинформ, 2014.

3. СП 316.1325800.2017. Терминалы контейнерные. Правила проектирования. — М.: Стандартинформ, 2018.

4. СП 262.1325800.2016. Контейнерные площадки и терминальные устройства. — М.: Стандартинформ, 2017.

5. ГОСТ 21.508–2020. Правила выполнения рабочей документации генеральных планов. — М.: Стандартинформ, 2020.

6. Калмыков М. Ю., Коровяковский Е. К. Контейнерная транспортная система. Раздел II. Технология работы контейнерного пункта: методические указания. — СПб.: ПГУПС, 2018.

7. Маликов О. Б., Коровяковский Е. К., Коровяковская Ю. В. Проектирование контейнерного терминала. — СПб.: ПГУПС, 2015.

8. Коган Л. А. Контейнерная транспортная система. — М.: Транспорт, 1991.

9. Бондарчук Е. А. Контейнеры: практическое пособие. — СПб.: Выбор, 2006.

10. Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах. — М.: Юртранс, 2003.

11. Тарифное руководство № 4. Книги 1–3.

12. InsightMaker: системно-динамическое моделирование [Электронный ресурс]. — URL: https://insightmaker.com (дата обращения: 2026).