

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет транспорта (МИИТ)»
РУТ (МИИТ)



На правах рукописи

Петрушин Алексей Валерьевич

Технология трассирования железной дороги в районах с высокой
сейсмичностью

05.22.06 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
кандидат технических наук, профессор
Миронов Виктор Степанович

Москва – 2019

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АКТУАЛЬНЫХ НОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ.....	11
1.1 Классификация дорог по назначению.....	11
1.2 Строительные условия.....	15
1.3 Эксплуатационные условия.....	19
2 ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ УСТРОЙСТВ И СООРУЖЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	22
2.1 Обзор мирового опыта защиты от сейсмического воздействия.....	22
2.2 Сейсмическое районирование, как источник информации о возможных землетрясениях.....	24
2.3 Мероприятия по защите железных дорог от землетрясений.....	29
2.4 Постановка задачи исследования.....	35
3 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАССЫ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ С УЧЁТОМ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	37
3.1 Классификация косогорных участков трассы.....	37
3.2 Обеспечение однородности основной площадки земляного полотна.....	42
3.3 Определение рационального решения при смещении трассы в профиле или плане.....	46
3.3.1 Анализ зависимости стоимости производства земляных работ на 1 м длины трассы от крутизны косогора.....	47
3.4 Поиск оптимального решения.....	58
3.5 Алгоритм технологии укладки трассы железной дороги в условиях высокой сейсмичности.....	67
3.6 Выводы по главе 3.....	72
4 ПРИМЕР УКЛАДКИ ТРАССЫ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ С УЧЁТОМ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ.....	74
4.1 Характеристика проекта трассы новой железнодорожной линии «Кызыл-Курагино».....	74
4.2 Применение технологии проектирования трассы железнодорожной линии на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности.....	77
4.3 Эффективность решений в проектах железных дорог с учётом вероятности возникновения землетрясений.....	81

4.4 Рекомендации по построению коридора вариантов смещения в продольном профиле и плане трассы	86
4.6 Выводы по главе 4	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
Список литературы	94
ПРИЛОЖЕНИЕ	112
ПРИЛОЖЕНИЕ А. РАСЧЁТ КООРДИНАТНЫХ МОДЕЛЕЙ ВАРИАНТОВ СМЕЩЕНИЯ ОСИ ТРАССЫ	113
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. РАСЧЁТ ОБЪЁМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ВАРИАНТОВ СМЕЩЕНИЯ ОСИ ТРАССЫ	129

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Уровень угрозы и опасности сейсмического воздействия на инфраструктуру железнодорожного транспорта очевидны и требуют обязательного учёта уже при укладке трассы на стадии разработки проекта железнодорожной линии.

В соответствии со Стратегией развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года [112] и Транспортной стратегией РФ на период до 2030 года [117] планируется строительство от 10.8 - по минимальному варианту развития до 15.5 тыс. км - по максимальному, включая новый вид линий – грузообразующие (около 4.6 тыс. км).

Данному виду линий отведена важная роль – обеспечение притока грузов от новых крупных месторождений на основные магистрали, и их развитие будет иметь влияние, как на эффективность работы сети железных дорог, так и экономику страны в целом.

Анализ предполагаемого месторасположения проектов грузообразующих линий, показал, что они, как правило, расположены на местности с трудным рельефом и суровым климатом Сибири и Дальнего Востока. Сейсмичность в таких районах согласно картам ОСР-2012 нередко достигает 7-10 баллов по 12-балльной шкале интенсивности Медведева-Шпонхойера-Карника (MSK-64)¹.

Учёт сейсмичности на стадии проектирования – требование свода правил² – направлено в первую очередь на обеспечение безопасности движения поездов. Вместе с этим должна быть обеспечена надёжность эксплуатации, отсутствие аварийных (чрезвычайных) ситуаций (отказов), сбоев и аварий при функционировании железной дороги.

Однако на сегодняшний день на стадии укладки трассы данному вопросу не уделено должного внимания. Для повышения устойчивости и надёжности

¹ Шкала MSK-64 лежит в основе СП 14.13330.2011 (Строительство в сейсмических районах (актуализированная редакция СНиП II-7-81*. Дата введения 2011-05-20)) и продолжает использоваться в России и странах СНГ.

² СП 14.13330.2011 «Строительство в сейсмических районах»

земляного полотна и предотвращения масштабных разрушений при землетрясениях необходимо обеспечить однородность основной площадки земляного полотна - исключить такие типы поперечного профиля, как «полунасыпь-полувыемка», так как они характеризуются различными грунтовыми условиями: насыпь – насыпной грунт, выемка – местные грунты. Это требование СП по существующей технологии разработки трассы учитывается при проектировании поперечного профиля земляного полотна. При необходимости производится корректировка продольного профиля и плана. Тем самым усложняется как процесс проектирования, так и выбор вариантов трассы.

Вместе с тем принимаемые проектные решения должны быть рациональны и эффективны по строительной стоимости и дальнейшим издержкам в эксплуатации железнодорожной линии с учётом вероятностного характера возникновения землетрясений и интенсивности их воздействия. Сегодня это особенно актуально в условиях снижения инвестиций при необходимости роста экономики страны, и, как следствие, ограничений финансирования строительства, когда предпочтение отдаётся проектам с бóльшим экономическим потенциалом для регионов и страны в целом, к которым относятся проекты к крупным месторождениям природных ресурсов.

В связи с этим вопросы совершенствования технологии проектирования трассы новой железнодорожной линии в условиях высокой сейсмичности следует считать актуальными.

Степень разработанности темы исследования. Анализу строительных и эксплуатационных условий проектов новых железнодорожных линий, их влияния на основные экономические и технические параметры новой железнодорожной линии посвящены работы Переселенкова Г.С., Турбина И.В., Ткачевского И.Д., Ашпиза Е.С., Аккермана Г.Л., Коншина Г.Г., Шахунянца Г.М., Быковой Н.М., Меркурьева Ю.С., Шестопёрова В.Г., Алексеева Е.П., Казимирова И.П., Ольшановского Ч.Б., Дюнина А.К., Исаенко Э.П., Скутина А.И., Ядрошников В.И., Цернанта А.А., Матвиенко В.С. и др.

Несмотря на развитие электронно-вычислительной техники и наличие программных продуктов (систем автоматизированного проектирования (САПР)), которые позволяют сократить рутинные и долговременные операции при укладке трассы: вписывание кривых, построение продольного и поперечного профилей, расчёт объёмов земляных работ и т.д., они не решают основных проблем проектирования, а являются инструментом для анализа и сравнения вариантов решений. В качестве примеров, можно назвать Robur, AutoCAD Civil, MX Rail, Card, Bentley.

В их основе лежат алгоритмы и технологии, разработанные учёными-железнодорожниками Турбиным И.В., Гориновым А.В., Иоаннисяном А.И., Кондратченко А.П., Гороховцевым Б.И., Гавриленковым А.В., Кантором И.И., Житкевичем В.П., Быковым Ю.А., Аккерманом Г.Л., Свинцовым Е.С., Бушуевым Н.С., Шкурниковым С.В., Шварцфельдом В.С., Анисимовым В.А., Понариным А.С., Полосиным Ю.К., Подвербным В.А., Гончаруком С.М., Струченковым В.И., Бучкиным В.А. и др.

Как показал анализ научных работ, вопросы проектирования трассы в условиях высокой сейсмичности на сегодняшний день недостаточно изучены.

Цель работы. Целью данного исследования является совершенствование технологии трассирования и разработка рекомендаций по проектированию трассы железнодорожных линий на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности.

Задачи исследования:

- 1) выполнить анализ особенностей условий, тенденций развития и степени изученности вопросов проектирования актуальных проектов новых грузообразующих железнодорожных линий;
- 2) исследовать способы обеспечения антисейсмического требования по защите земляного полотна железной дороги (устройства однородной площадки земляного полотна);
- 3) выполнить технико-экономический анализ наиболее рациональной укладки трассы в поперечном сечении земляного полотна;
- 4) разработать технологию проектирования трассы железнодорожных линий на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности и апробировать её;
- 5) выполнить варианты расчёты по поиску наиболее рационального решения по корректировке оси трассы на косогорных участках для обеспечения однородности основной площадки земляного полотна в районах с высокой сейсмичностью; дать рекомендации по проектированию трассы железнодорожных линий в указанных условиях;
- 6) оценить эффективность проектных решений в проектах железных дорог с учётом вероятности возникновения землетрясений.

Объектом исследования является трасса железнодорожной линии на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности района проектирования.

Предметом исследования является выбор и обоснование проектных решений при укладке трассы новой железнодорожной линии на косогорных участках в районах с высокой сейсмичностью.

Научная новизна исследования:

- 1) разработана классификация косогорных участков по виду грунтов, геометрическим параметрам конструкции земляного полотна и категориям по сейсмическим свойствам;

2) установлена зависимость между геометрическими параметрами проектирования земляного полотна и крутизной косогора для грунтов, относящихся к разным группам по сейсмическим свойствам;

3) получены аналитические зависимости наиболее рациональных решений по корректировке оси трассы в продольном профиле и плане на косогорных участках для обеспечения однородности основной площадки земляного полотна в районах с высокой сейсмичностью;

4) усовершенствована технология проектирования линий на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности и предложена методика определения эффективности антисейсмических мероприятий с учётом вероятности землетрясений.

Теоретическая и практическая значимость

Выполненные исследования позволяют произвести обоснованную укладку трассы новых железнодорожных линий в условиях высокой сейсмичности с учётом требований по обеспечению однородности основания основной площадки земляного полотна.

Предложенная методика проектирования может быть использована при укладке трассы на стадии разработки проекта, а также при отделке (корректировке) трассы для рабочей документации.

Приведенный в диссертации алгоритм реализации методики может быть использован в автоматизированных системах проектирования (САПР) новых железных дорог.

Потенциальными потребителями работы являются проектные организации, а также научно-исследовательские институты, осуществляющие разработку проектов и исследования по проектированию новых железнодорожных линий, а также разработчики САПР железных дорог.

Методология и методы исследования

При анализе задачи исследования и разработке способов их решения использован системный подход.

В исследовании использованы разделы классической математики, в том числе некоторые положения аналитической геометрии на плоскости, методы решения линейных уравнений и другие.

При обосновании проектных решений применены методы выбора оптимальных решений, разработанные и используемые в практике изысканий и проектирования железных дорог. Определение критерия выбора решения в условиях неопределённости и риска базируется на основных принципах теории игр и принятия решений.

Положения, выносимые на защиту:

1) классификация косогорных участков по виду грунтов, геометрическим параметрам конструкции земляного полотна и категориям по сейсмическим свойствам;

2) зависимости граничных значений высот насыпей и глубин выемок, обеспечивающие однородность земляного полотна;

3) результаты исследования рациональных решений по укладке трассы на участках с различными уклонами косогора при разных видах грунтов в районах с высокой сейсмичностью;

4) уравнения границ пространственного коридора смещения оси трассы для обеспечения однородности основной площадки земляного полотна;

5) технология проектирования трассы железнодорожной линии на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности и её алгоритм для начальной стадии проектирования новой железнодорожной линии и разработки рабочей документации;

6) оценка эффективности антисейсмических решений в проектах железных дорог с учётом вероятности возникновения землетрясений в условиях неопределённости исходной информации.

Степень достоверности и апробации результатов

Основные положения диссертации докладывались и получили одобрение на заседаниях кафедр «Изыскания и проектирование ж. д.» и «Проектирование и строительство ж.д.» МГУПС (МИИТ) – 2011 – 2018 гг.; кафедры «Изыскания и

проектирование железных дорог» ПГУПС – 2013 г. и 2016 г.; научно-практической конференции «Неделя науки» 2013 г.; научно-методической конференции «Путь XXI века» (ПГУПС) 2013 г.; международной научно-практической конференции «Транспорт-2013» в Ростове-на-Дону 2013 г.; XI международной научно-технической конференции, посвящённой памяти Г.М. Шахунянца 2014 г., Седьмой Международной научно-практической конференции «Транспортная инфраструктура Сибирского региона» (ИрГУПС 2016), XVIII научно-практической конференции «Безопасность движения поездов» (РУТ (МИИТ) 2017), а также вошли в состав научно-исследовательских работ кафедры «Проектирование и строительство ж.д.» МГУПС (МИИТ) 2012-2014 гг. по теме: «Обеспечение надёжности трассы железнодорожной линии в районах с высокой сейсмичностью при разработке проекта».

Предложенная технология проектирования трассы на косогорных участках апробирована на примере проекта участка новой железнодорожной линии Кызыл-Курагино.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 9 печатных работах, в том числе 3 работы в рецензируемых научных изданиях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка использованной литературы. Объем работы составляет 205 стр. машинописного текста, в том числе 29 рисунков, 28 таблиц и приложение – 93 стр. Список использованных источников содержит 138 наименований.

1 ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АКТУАЛЬНЫХ НОВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЛИНИЙ

1.1 Классификация дорог по назначению

В соответствии со «Стратегией развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» [112], «Транспортной стратегией РФ на период до 2030 года» [117] для обеспечения роста экономики страны планируется построить порядка 6 тыс. км новых железных дорог. Прежде всего, это технологические (2,2 тыс. км), грузообразующие (1,9 тыс. км), стратегические (300 км) и социально-значимые (800 км) дороги, а также высокоскоростные (770 км) (рисунок 1.1).

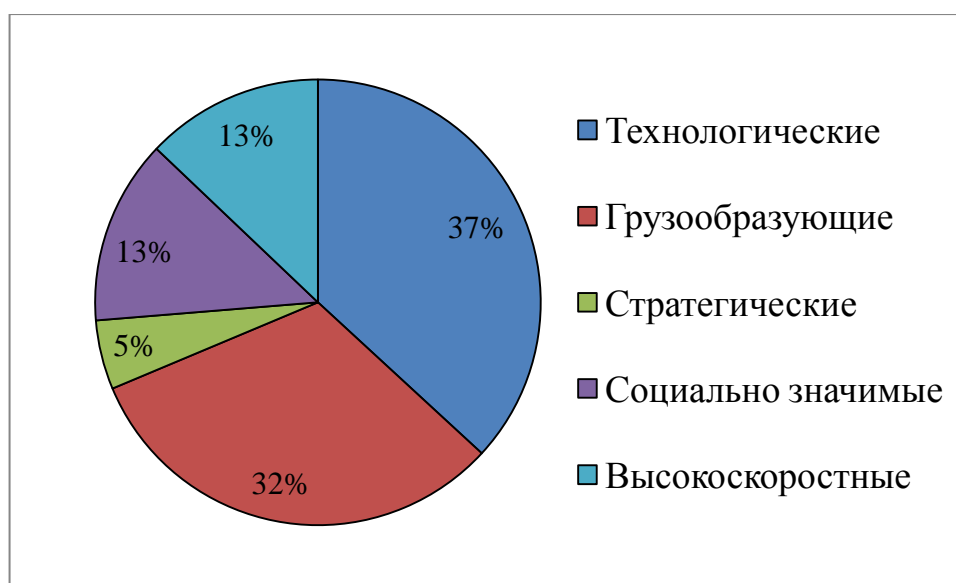


Рисунок 1.1 - Строительство новых железных дорог до 2030 года

Перспективный полигон строительства новых железных дорог в период до 2050 года составляет порядка 40 тыс. км, включая технологические (7 353 км), грузообразующие (7 212 км), стратегические (16 тыс. км), высокоскоростные (6 230 км), социально значимые (3 368 км) дороги (рисунок 1.2).

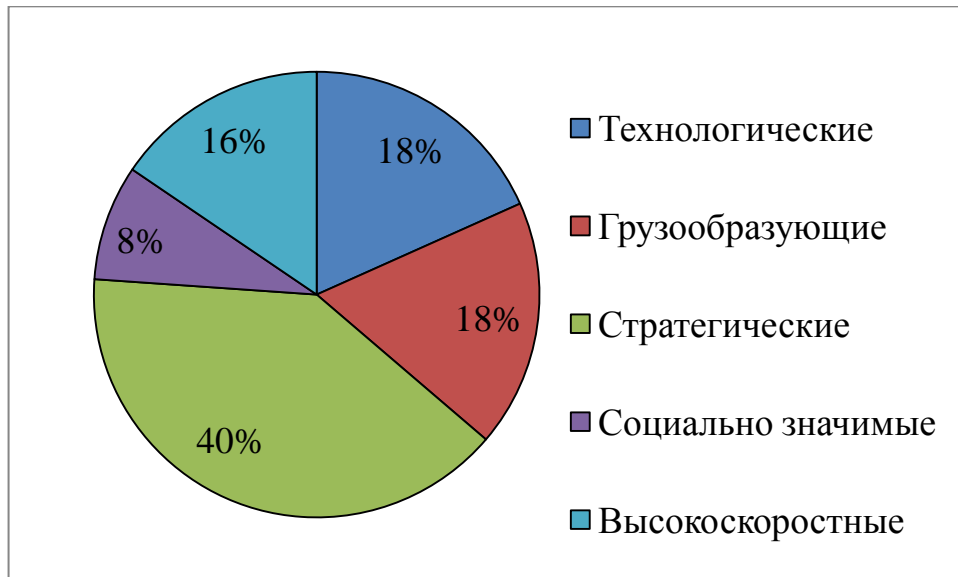


Рисунок 1.2 - Строительство новых железных дорог до 2050 года

В условиях мирового кризиса, антироссийских санкций и, как следствие, снижения инвестиций при необходимости роста экономики страны, наблюдается снижение темпов строительства новых железных дорог. Предпочтение отдаётся проектам с высоким мультипликативным эффектом – высокоскоростная железная дорога Москва – Казань (пилотный участок ВСМ-2 Москва-Екатеринбург) с возможным продлением до Пекина, стратегическим проектам – обход Украины (Журавка – Миллерово), железнодорожные подходы к Керченскому мосту, а также проектам с большим экономическим потенциалом для регионов и страны в целом – проекты к крупным месторождениям ценных природных ресурсов [76] – грузообразующим линиям.

Данная категория дорог по назначению была введена «Стратегией развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года» [112] и предназначена для транспортного обеспечения развития новых месторождения полезных ископаемых и промышленных зон, привлечения дополнительного грузопотока на основные магистрали, роста экономики сети железных дорог и страны в целом.

Проекты новых грузообразующих линий характерны обширной географией расположения (рисунок 1.3):

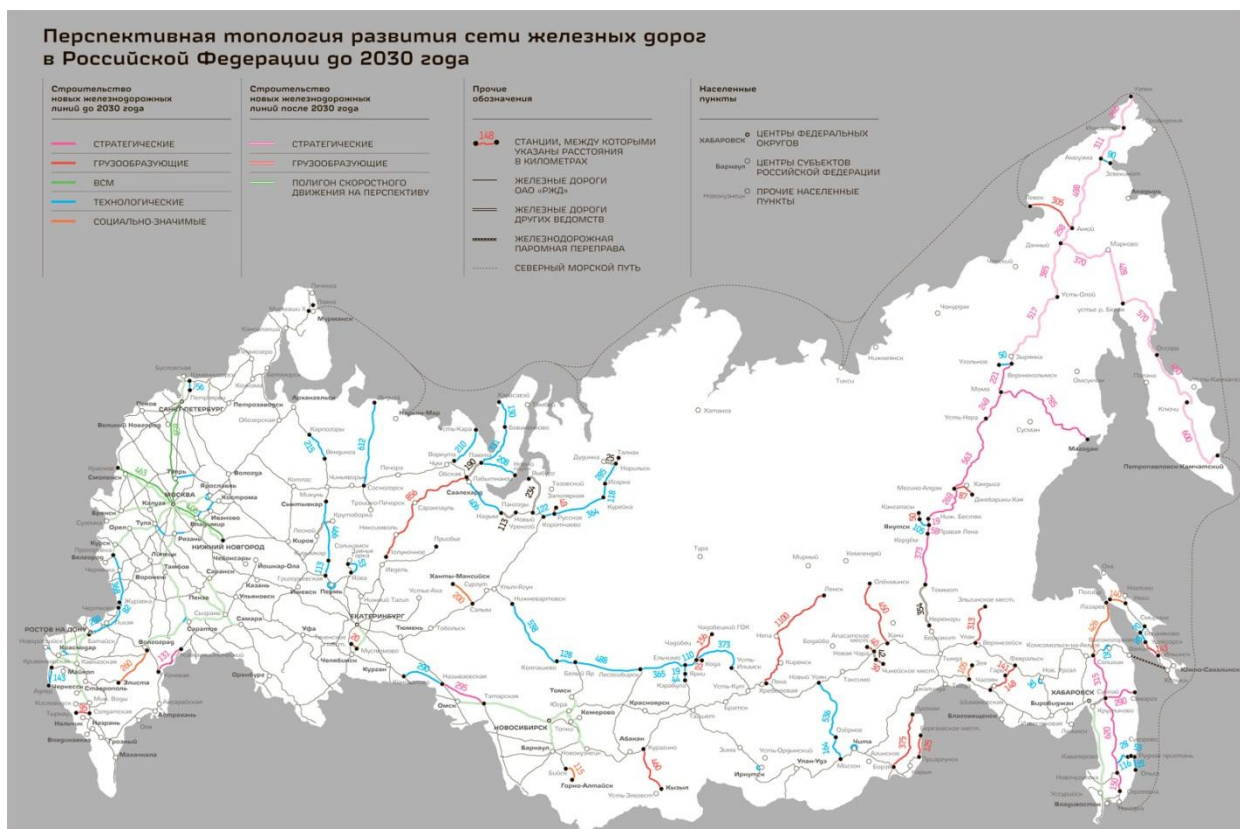


Рисунок 1.3 - Схема развития сети железных дорог в Российской Федерации до 2030 года.

Сайт rzd.ru

- Северный Кавказ (Солдатская – Тырнауз 95 км);
- Южный Урал (Муслумово – Теченское месторождение 20 км);
- Сибирь (Полуночное – Салехард 856 км, Заполярное – Русское 49 км, Кызыл – Курагино 460 км, Чадобец – Кода 20 км, Чадобец – Чадобецкий ГОК 156 км);
- Дальний Восток (Борзя – Лугокан 375 км, Приаргунск – Березовское месторождение 125 км, Лена – Ленск 1100 км, Новая Чара – Апсатское месторождение 40 км, Хани – Олекминск 450 км, Новая Чара – Чинейское месторождение 30 км, Якутск – Кандаласы 50 км, Мегино-Алдан – Джебарики-Хая 87 км, Улак – Эльгинское месторождение 313 км, Февральск – Чагоян 289 км, Ванино – Ильинск 143 км).

При этом в приоритете до 2030 года является строительство таких линий, как Муслумово – Теченское месторождение, Полуночное – Обская, Кызыл – Курагино, Новая Чара – Чина (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Проекты новых грузообразующих линий по регионам России

№	Регион РФ							
	Северный Кавказ		Южный Урал		Сибирь		Дальний Восток	
	Грузообразующие линии							
	Участок	Длина (км)	Участок	Длина (км)	Участок	Длина (км)	Участок	Длина (км)
1	Солдатская - Тырнауз	95	Мулюмово – Теченское*	20	Полуночное – Салехард	856	Борзя – Лугокан	375
2					Заполярное – Русское	49	Приаргунск – Березовское месторождение	125
3					Кызыл – Курагино*	460	Новая Чара – Апсатское месторождение	40
4					Чадобец – Кода	20	Хани – Олекминск	450
5					Чадобец – Чадобецкий ГОК	156	Новая Чара – Чинейское месторождение*	30
6					Лена – Ленск	1100	Якутск – Кандаласы	50
7							Мегино-Алдан – Джебарики-Хая	87
8							Улак – Эльгинское месторождение	313
9							Февральск – Чагоян	289
10							Певек-Ануй	305
11							Ванино – Ильинск	143
Итого		95		20		2641		2207

* - приоритетные проекты

В результате анализа данных таблицы 1.1 выявлено, что большинство проектов новых грузообразующих железнодорожных линий, включая приоритетные, располагаются в Сибири (2 641 км) и на Дальнем Востоке (2 207 км), которые известны своими сложными условиями строительства и эксплуатации.

1.2 Строительные условия

К строительным условиям, которые в той или иной мере усложняют строительство железнодорожных линий и являются факторами удорожания строительства, можно отнести следующие:

- сложный рельеф,
- высокая сейсмичность,
- инженерно-геологические условия,
- инженерно-гидрологические условия,
- неосвоенность территорий,
- суровый климат.

Сложный рельеф характеризуется разницей высотных отметок, перепад которых может быть весьма существенным, что влияет в первую очередь на километровый объём земляных работ, протяжённость линии и количество крупных и малых искусственных сооружений.

Вопросам проектирования трассы в условиях сложного рельефа посвящены работы Г.С. Переселенкова, И.Д. Ткачевского [75], Е.П. Алексева, И.П. Казиминова, Ч.Б. Ольшановского [5].

Высокая сейсмичность влияет на положение трассы на местности, а значит на объём земляных работ, протяжённость линии, количество крупных и малых искусственных сооружений и их характеристики, а также на количество и масштаб превентивных мероприятий и защитных сооружений, которые нужно будет осуществить при строительстве и дальнейшей эксплуатации железнодорожной линии.

Проектированием и эксплуатацией трассы в районах с высокой сейсмичностью занимались Г.С. Переселенков, Г.Г. Коншин [64], Г.М. Шахунянц (статическая теория сейсмостойкости), Н.М. Быкова (системный подход к оценке и учёту геодеформационных воздействий на протяжённые технические объекты),

В.Г. Шестопёров (сейсмическое микрорайонирование участков строительства мостов).

Н.М. Быкова в своей работе [27] исследовала вопросы повышения эффективности систем обеспечения безопасности протяжённых технических объектов при их проектировании и эксплуатации за счёт разработки и развития научно-методических основ и технологий выявления, оценки и учёта геодеформационных воздействий.

В.Г. Шестопёров предложил методику сейсмического микрорайонирования применительно к участкам строительства мостовых сооружений, позволяющую существенно уменьшить погрешности определения параметров расчётного сейсмического воздействия [134].

Инженерно-геологические и инженерно-гидрологические условия влияют на положение трассы, количество крупных и малых искусственных сооружений, их характеристики, количество и масштаб превентивных мероприятий и защитных сооружений при возведении земляного полотна и дальнейшей его эксплуатации, на распределение земляных масс, а также на стоимость и применяемые технологии при возведении насыпей и разработке выемок, строительстве искусственных сооружений.

Исходя из назначения грузообразующих линий (транспортное обеспечение развития новых месторождения полезных ископаемых и промышленных зон) становится понятно, что неосвоенность территорий строительства транспортных сооружений является ещё одной проблемой, которая будет влиять на стоимость строительства: строительство временных подъездных автомобильных и железных дорог, завоз строительных материалов, подвод коммуникаций, наконец, завоз рабочих и их обеспечение во время строительства. Дополнительные затраты и увеличение сроков возведения объектов, ввиду вышеуказанных причин, должны быть заложены в стоимость строительства.

Суровый климат также является фактором, который необходимо учитывать. От него зависят сроки строительства, условия труда рабочих, а значит и их зарплата, качество и масштаб превентивных мероприятий для железнодорожной

линии и её инфраструктуры, что также приводит к удорожанию стоимости строительства.

Проектированию и эксплуатации трассы в условиях сурового климата посвящены исследования А.К. Дюнина [47], Э.П. Исаенко, А.И. Скутина, В.И. Ядрошникова [137], А.А. Цернанта [128], В.С. Матвиенко [67].

В работах Э.П. Исаенко [52] определены положения расчётной границы лавиноопасной зоны при трассировании железной дороги, а также разработана методика технико-экономического сравнения вариантов лавинозащитных устройств и мероприятий.

А.И. Скутин в своей работе [102] предложил методику выбора направления трассы железной дороги в сложных природных условиях равнинной местности на основе применения математических методов и вычислительной техники.

Однако, несмотря на развитие электронно-вычислительной техники и наличие программных продуктов (систем автоматизированного проектирования (САПР)), которые позволяют сократить рутинные и долговременные операции при укладке трассы: вписывание кривых, построение продольного и поперечного профилей, расчёт объёмов земляных работ и т.д., они не решают основных проблем проектирования, а являются инструментом для анализа и сравнения вариантов решений. В качестве примеров, можно назвать Robur, AutoCAD Civil, MX Rail, Card, Bentley.

В их основе лежат алгоритмы и технологии, разработанные учёными-железнодорожниками И.В. Турбиным, А.В. Гориновым, А.И. Иоаннисяном, А.П. Кондратченко, Б.И. Гороховцевым, А.В. Гавриленковым, И.И. Кантором, В.П. Житкевичем, Ю.А. Быковым, Е.С. Свинцовым, Н.С. Бушуевым, С.В. Шкурниковым, В.С. Шварцфельдом, Г.Л. Аккерманом, В.А. Анисимовым, А.С. Понариным, Ю.К. Полосиным, В.А. Подвербным, С.М. Гончаруком, В.И. Струченковым, В.А. Бучкиным и др.

И.В. Турбин разработал основы системы машинного трассирования на косогорных участках напряжённого хода [120], метод, основанный на принципах направленного поиска, для оптимизации трассы в плане [118] и метод локальных

вершин для проектирования оптимального продольного профиля трассы новой железнодорожной линии [119].

А.В. Горинов предложил метод анализа овладения перевозками, базирующийся на анализе потребной и возможной провозной способности комплекса технических состояний, обеспечивающих перевозочный процесс [40].

В исследованиях А.И. Иоаннисяна [51] рассмотрены вопросы определения оптимальной скорости при электрической тяге с учётом эксплуатационно-строительных затрат.

В работе А.П. Кондратченко и Б.И. Гороховцева впервые для проектирования плана трассы новой железной дороги были применены угловые диаграммы и сделано предположение об аналогии задач проектирования плана трассы новых железных дорог и вторых путей [62].

В.А. Анисимов разработал численные методы автоматизированного проектирования оптимальной трассы новой железной дороги на участках напряжённых ходов. Методы основаны на синтезе математических методов и принципов классического трассирования, основным из которых является укладка линии нулевых работ и проектирование плана трассы с расчётным развитием [8].

А.С. Понарин создал сплайновые модели местности, плана и продольного профиля трассы новых железных дорог. Для автоматизации проектирования плана и профиля трассы новых железных дорог он предложил общий метод «бегущей волны» [95].

В своей работе [94] Ю.К. Полосин исследовал вопросы поиска оптимального положения элемента продольного профиля трассы с максимальным значением уклона по минимуму профильного объёма земляных работ на основе дифференцирования зависимости $Q_{зр}(h)$.

В.И. Струченков в своей работе [113] создал основы теории и методов оптимизации трасс линейных объектов, обобщил опыт использования методов оптимизации плана и продольного профиля железных и автомобильных дорог в САПР и предложил способы усовершенствования этих систем.

А.И. Богданов разработал многоуровневую самообучающуюся систему трассирования для укладки магистральных ходов (линии нулевых работ на участках напряжённого хода и ломаных линий – на участках вольного хода) между осью начального и осью следующего проектируемого раздельных пунктов [14]. В его работе [13] созданы общие модель и метод автоматизированного проектирования плана и продольного профиля новых и реконструкции плана и продольного профиля существующих железных дорог. Это позволило разбить трассирование на две части – проектирование плана трассы и проектирование продольного профиля трассы для всего перегона, и отказаться от проектирования участками длиной 4-6 км, как это предусмотрено классической теорией трассирования [15].

1.3 Эксплуатационные условия

К эксплуатационным условиям, которые будут влиять на величину ежегодных затрат на содержание железнодорожной линии и её инфраструктуры, можно отнести следующие:

- неравномерность перевозок;
- тупиковый характер проектируемых линий;
- превалирование подъёмов к месторождению;
- дефицит кадров.

Неравномерность перевозок обусловлена назначением грузообразующих линий – развитие новых месторождений и промышленных зон. До ввода в эксплуатацию производства будет превалировать грузопоток в сторону месторождения, после – в сторону станции примыкания. Этот процесс является закономерным и давно изучен. Таким образом, можно сказать, что неравномерность перевозок будет влиять на эксплуатационные расходы, связанные с движением поездов.

Тупиковый характер примыкания также является отличительной чертой грузообразующих линий, ввиду неосвоенности территорий вокруг месторождения. Это будет влиять на эксплуатационные расходы, связанные с временем простоя составов и маневровой работой по формированию поездов.

Превалирование подъёмов к месторождению обусловлено месторасположением большинства очагов полезных ископаемых. В этих условиях может быть рациональным решение в качестве ограничивающего уклона принимать уравновешенный уклон. Это будет влиять на эксплуатационные расходы по движению поездов и на содержание инфраструктуры, так как износ железнодорожного пути будет неравномерным.

Дефицит кадров, ввиду неосвоенности территорий, так же может быть причиной удорожания эксплуатации грузообразующих линий. Из-за отсутствия квалифицированных рабочих может потребоваться сокращение числа отдельных пунктов, ввод вахтового метода работы, большая, по сравнению с другими железными дорогами, автоматизация производства работ по эксплуатации, текущему содержанию и ремонту железнодорожного пути и инфраструктуры, как на станции, так и на перегоне. Это, в свою очередь, либо повысит затраты на содержание постоянных устройств и в целом эксплуатационные расходы на содержание линии, либо повысит стоимость строительства при использовании передовых устройств с малолюдными технологиями. Однако при этом следует учитывать, что при обслуживании подобных систем либо используется аутсорсинг, либо необходима соответствующая квалификация у работников, что также повышает затраты на эксплуатацию.

Также ввиду географического расположения грузообразующих линий в эксплуатационные затраты необходимо закладывать затраты на превентивные и защитные мероприятия от воздействий окружающей среды [109], немаловажным из которых является защита от сейсмического воздействия.

Таким образом, в разделе 1 был произведён анализ стратегических документов по развитию железнодорожного транспорта России [112, 117,] и было отмечено, что большинство и по количеству, и по протяжённости проектов линий

новой категории – грузообразующих – предполагается реализовать в Сибири (около 2643 км – 53% от общего числа планируемых новых грузообразующих линий) и на Дальнем Востоке (около 2207 км – 44%), которые известны своими сложными условиями строительства и эксплуатации, наиболее опасным и непредсказуемым из которых является высокая сейсмичность (5-8 баллов и 5-10 баллов соответственно).

Как показал анализ научных работ, вопросы проектирования трассы в условиях высокой сейсмичности на сегодняшний день недостаточно изучены, и поэтому проблема проектирования грузообразующих линий в районах с высокой сейсмичностью является актуальной в современных условиях.

2 ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ УСТРОЙСТВ И СООРУЖЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Обзор мирового опыта защиты от сейсмического воздействия

Землетрясение – это одно из самых древних катастрофических явлений на Земле, представляющее собой периодические подземные толчки и волновые колебания поверхности Земли. Оно возникает при внезапном освобождении энергии, которая долгое время накапливается в форме упругих напряжений горных пород в результате тектонических процессов в относительно локализованных областях земной коры и верхней мантии. При этом происходит разрыв пород с их взаимным смещением или смятием.

Ежегодно происходит до миллиона землетрясений, большинство из которых – лёгкие, около ста – разрушительной силы, и одно может быть катастрофическим.

Земная кора состоит из 20 малых и больших тектонических плит, или платформ: Евразийская, Тихоокеанская, Северо-американская, Южно-американская, Африканская и др.

Территория Российской Федерации находится на Евразийской плите и, по сравнению с другими странами мира, в целом характеризуется умеренной сейсмичностью. Исключения составляют регионы Северного Кавказа, Черноморского побережья, юга Сибири и Дальнего Востока, где интенсивность сейсмических сотрясений по 12-балльной шкале интенсивности Медведева-Шпонхойера-Карника (MSK-64)³ достигает 8-9 и 9-10 баллов и более.

³ Шкала MSK-64 лежит в основе СП 14.13330.2011 (Строительство в сейсмических районах (актуализированная редакция СНиП II-7-81*. Дата введения 2011-05-20)) и продолжает использоваться в России и странах СНГ.

Основные способы борьбы – это выбор наименее сейсмоопасного района для размещения зданий и сооружений либо снижение разрушительных последствий воздействия землетрясений. Второй способ известен с древних времён.

Инки использовали сейсмостойкое строительство капитальных построек: тщательная и плотная подгонка каменных блоков друг к другу без использования строительных растворов, наклонённых внутрь стены со скруглёнными углами и лёгкие соломенные крыши [115].

В Японии старались максимально облегчить постройки, используя вместо камня древесину и бамбук, а также лёгкие ширмы вместо капитальных стен.

Сегодня в Японии при строительстве лидируют 3 основных метода – использование усиленного железобетона, стальных конструкций и новых технологий сейсмозащиты, таких как: использование каучуковых прокладок в фундаменте зданий, использование принципа баланса, исправляющего крен здания при землетрясении.

С целью анализа сейсмоустойчивости и прогноза масштаба повреждений объектов инфраструктуры в Научно-исследовательском институте железнодорожной техники Японии (RTRI) создана модель, имитирующая воздействие землетрясений на железную дорогу. Имитационная модель агрегирует информацию из баз данных об эпицентрах и силе подземных толчков, характеристикам земной коры в масштабе всей Японии и технических характеристиках основных железнодорожных мостов и виадуков. На основе этих данных при помощи модели, запускаемой на суперкомпьютере, можно прогнозировать масштаб повреждения объектов инфраструктуры в течение короткого временного интервала, достаточного для практического применения [138].

После сильнейших землетрясений в г. Сан-Франциско (США, 1906 г.) была предложена идея управления землетрясениями с помощью закачки воды в поры пород для снижения трения между породами при движении. Дальнейшее развитие идеи предполагает откачку воды для сцепления пород и снятия напряжения в

пределах разлома Сан-Андреас – граница между двумя плитами земной коры – Американской и Тихоокеанской [136].

Также стоит отметить сейсмоизоляционные системы, используемые в основном для зданий и локальных сооружений (мосты): устройство сейсмоизолирующих скользящих поясов, сейсмоизолирующие фундаменты на упругих опорах (здания с гибким нижним этажом, здания на резиновых опорах) и на кинематических опорах гравитационного типа, системы сейсмогашения (демпферы) [115].

В то же время вопросам сейсмозащиты трассы железнодорожной линии внимание уделено недостаточно, что подтверждает актуальность данного исследования.

2.2 Сейсмическое районирование, как источник информации о возможных землетрясениях

В основу всех методов защиты от влияния сейсмичности района проектирования положена информация о землетрясениях, получаемая в результате исследований – сейсмического районирования.

Сейсмическое районирование – это разделение территории, подверженной землетрясениям, на зоны по степени их потенциальной сейсмической опасности, оцениваемой максимальным сейсмическим эффектом, возникающим с известной периодичностью, который может быть превышен (или не превышен) с определённой вероятностью в заданные интервалы времени [126].

Большой вклад в развитие методов сейсмического районирования внесли Голицын Б.Б. (первые сейсмические станции), Мушкетов И.В. (первый российский каталог землетрясений), Мушкетов Д.И. (прогноз сейсмической опасности), Гамбурцев Г.А. (сейсмические методы разведки), Горшков Г.П., Губин И.Е., Медведев С.В., Ризниченко Ю.В., Бунэ В.И., Уломов В.И. и др.

Основная проблема современной сейсмологии состоит в том, что она принадлежит к категории прогнозов, базирующихся на неполной информации, скудном и не всегда удачном опыте, на недостаточно чётких методологических позициях. Поэтому каждая из составленных в прошлые годы карт сейсмического районирования территории СССР в той или иной мере оказывались неадекватной реальным природным условиям, что наряду с некачественным строительством наносило народному хозяйству огромный материальный ущерб и влекло за собой многочисленные человеческие жертвы.

Первая в мире нормативная карта сейсмического районирования была составлена Горшковым Г.П. в Сейсмическом институте (сейчас – Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН (ИФЗ РАН)) и опубликована в 1937 г. (СР-37).

В дальнейшем такие карты в СССР создавались каждые 10 лет и обновлялись по мере поступления новых сведений о сейсмичности и совершенствовании методики оценки сейсмической опасности (карты СР-37, СР-49, СР-57, СР-68, СР-78). Однако фрагментарно они подправлялись каждый раз, когда интенсивность очередного землетрясения существенно превышала прогнозируемый сейсмический эффект. В таких случаях составлялись временные схемы, которые затем вносились в очередную нормативную карту. Конфигурация сейсмических зон постоянно менялась, и нередко с уменьшением достоверности прогнозирования.

Начиная с 1988 г. почти ежегодно возникали разрушительные землетрясения, на 2-3 балла превышающие сейсмическую интенсивность, указанную на последней, на тот момент карте СР-78. Это были: Спитакское землетрясение 1988 г. в Армении, Зайксанское 1990 г. – в Казахстане, Рага-Джавское 1991 г. – в Грузии, Сусамырское 1992 г. – в Киргизии, Хаилинское 1991 г. и Нефтегорское 1995 г. – в России (в Корякии и на Сахалине).

Поэтому после катастрофы в Армении, где погибло свыше 20 тыс. человек, стала очевидна необходимость нового сейсмического районирования территории страны.

В результате исследований ИФЗ РАН 1991-1997 гг. был создан комплект вероятностных карт – ОСР-97 (А, В, С, D), и составлены карты периодов повторяемости 6, 7, 8 и 9-балльных сотрясений. Карты – А, В и С предназначены для проектирования и строительства гражданских и промышленных объектов разных категорий ответственности и сроков службы. Они отражают вероятности 90%, 95% и 99% непревышения указанного на них сейсмического эффекта в течение 50 лет (т.е. риск возможного превышения соответствует 10%, 5% и 1%, а повторяемость сейсмического эффекта в любом пункте зон – в среднем один раз за 500, 1000 и 5000 лет, соответственно). Карта D (не превышение 99,5%) используется при строительстве атомных станций и других особо опасных объектов.

ОСР-97 доказали свою эффективность: прогнозы по землетрясениям в Горном Алтае и в восточной части Северного Кавказа, на границе Чеченской Республики и Республики Дагестан, сделанные на основе данных карт, подтвердились 27 сентября 2003 г. и 11 октября 2008 г. соответственно.

На смену ОСР-97 создан комплект актуализированных карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-2012, более точный по геофизической привязке, содержащий более расширенный и актуализированный набор карт, уточнённый по результатам общественного обсуждения и дополненный территорией Крыма в 2014 году. Однако, до настоящего времени новые карты ОСР не утверждены [16].

Комплект карт ОСР-2012 характеризует шесть уровней сейсмической опасности (А, В, С, D, E, F) для применения при проектировании и сейсмостойком строительстве объектов разных уровней ответственности и сроков службы.

Степень сейсмической опасности по картам ОСР-2012 соответствует вероятностям 39% (карта А), 10% (карта В), 5% (карта С), 2% (карта D), 1% (карта E) и 0,5% (карта F) возможного превышения (или соответственно вероятностям непревышения 61; 90; 95; 98; 99 и 99,5%) расчётных максимальных значений

интенсивности, указанных на соответствующих картах, в течение 50-летних интервалов времени.

На рисунке 2.1 на карту ОСР-2012-В нанесены крупные очаги природных ресурсов на Дальнем Востоке, а также перспективные направления строительства новых железнодорожных линий до 2030 года согласно «Стратегии-2030» ОАО «РЖД».

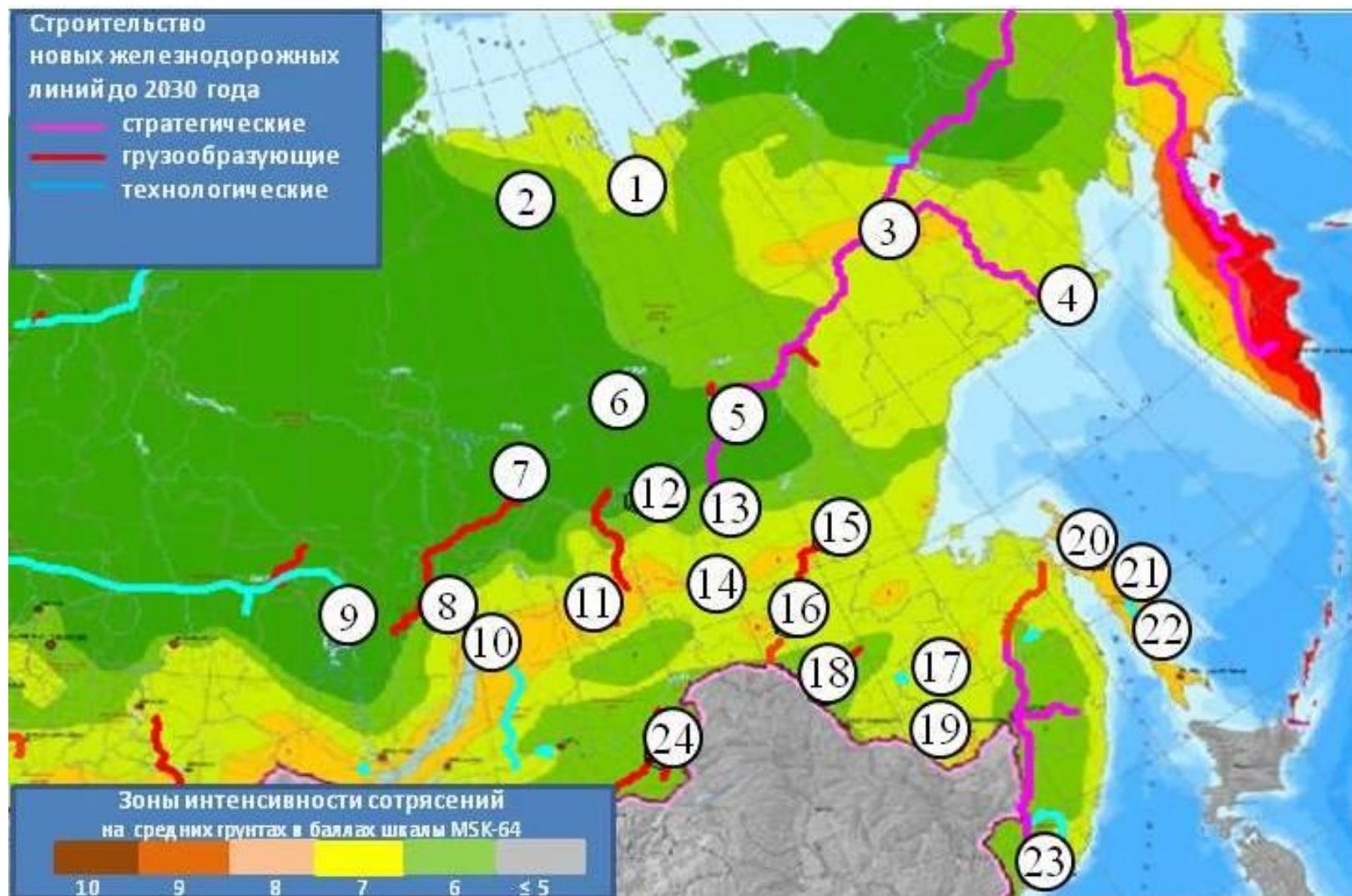


Рисунок 2.1 - Карта ОСР-2012-В с нанесёнными на неё направлениями развития сети железных дорог ОАО «РЖД» и очагами природных месторождений: 1 ... 24 – очаги природных месторождений

В таблице 2.1 представлен список очагов природных месторождений, отмеченных на рисунке 2.1 [25].

Таблица 2.1 - Список очагов природных месторождений

№ п/п	Наименование	№ п/п	Наименование
1	Енисейский	13	Алданский
2	Оленекский	14	Нерюнгринский
3	Сусуманский	15	Удский
4	Магаданский	16	Гарьский
5	Якутский	17	Ургальский
6	Вилуйский	18	Амурский
7	Мирный	19	Кимканский
8	Верхнеленский	20	Северосахалинский
9	Усть-Илимский	21	Среднесахалинский
10	Северо-Байкальский	22	Лучегорский
11	Чарский	23	Уссурийский
12	Среднеленский	24	Забайкальский

Очевидно, что большинство крупных месторождений расположено в районах с сейсмичностью выше 7 баллов и именно к ним ведут направления новых грузообразующих и стратегических железнодорожных линий.

Учитывая прогнозы по росту грузопотока [86] активное развитие транспортной инфраструктуры Восточного Полигона [100] и дальнейшие планы России по развитию Дальнего Востока вопросы сейсмозащиты трассы железнодорожной линии становятся особенно актуальны.

2.3 Мероприятия по защите железных дорог от землетрясений

Меры по защите железных дорог от землетрясений регламентированы Сводом правил [108], который распространяется на область проектирования зданий и сооружений, возводимых в районах сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов.

На площадках, сейсмичность которых превышает 9 баллов, возводить здания и сооружения, как правило, не допускается. При необходимости строительство на таких площадках допускается при обязательном научном сопровождении и участии специализированной научно-исследовательской организации.

При размещении промышленных и гражданских сооружений следует выбирать территории, характеризующиеся спокойным рельефом, полускальными и плотными крупнообломочными породами, с глубоко залегающими подземными водами [108]. Однако это далеко не всегда возможно на практике, вследствие чего приходится прибегать к мероприятиям по защите сооружений и устройств от вредного воздействия землетрясений.

Сейсмическое воздействие влияет на железную дорогу не только как статическую систему, состоящую из земляного полотна, верхнего строения пути, контактной сети и т.д., но и как на динамическую – вызывая «сбои» в движении поездов: при сейсмическом воздействии запрещено движение поездов (в соответствии с распоряжением ОАО «РЖД» №2817р утв. 01.02.2011) [79].

Также землетрясения оказывают негативное воздействие на многолетнюю мерзлоту. В результате деформируются насыпи произвольной высоты и конструкции в любое время года [34].

По данным обследования Кировоканской дистанции пути после Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. наблюдались следующие повреждения железнодорожного пути:

1) нарушения положения рельсовой колеи в плане и профиле при просадках земляного полотна на высоких насыпях, особенно на подходах к устоям мостов и на подходах насыпей в скальные выемки (рисунок 2.2);

2) деформации земляного полотна:

- обвалы и срывы откосов выемок, верховых откосов полувыемок, а также низовых откосов полувыемок и откосов насыпей;

- осыпи щебёночных, галечных и мелкообломочных грунтов;

- осадки земляного полотна на отдельных участках, в том числе на подходах к мостам;

- трещины в скальных откосах выемок и полувыемок;

- трещины в основной площадке, рыхлых грунтах откосов насыпей и полувыемок (рисунок 2.3), а также в отдельных местах – в балластной призме;

3) сдвиг земляного полотна станционной площадки вниз по косогору (при этом произошли осадки земляного полотна до 5 м на протяжении 350 м);

4) завалы пути горной породой в результате обрушения откосов скальных выемок и крутых скальных косогоров;

5) повреждения мостов (рисунок 2.4), труб и тоннелей [64].



Рисунок 2.2 – Смещение рельсошпальной решётки (1) в сторону откоса полунасыпи



Рисунок 2.3 – Трещина по обочине полунасыпи



Рисунок 2.4 – Повреждение опоры моста подъездного пути к сахарному заводу в г. Спитак

Согласно СП [109] в районах сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов, как правило, следует обходить трассой особо неблагоприятные в инженерно-геологическом отношении участки, в частности зоны возможных обвалов, оползней и лавин, но в тех случаях, когда это сделать невозможно или нецелесообразно, трассирование дорог по нескальным косогорам с крутизной откоса более 1:1,5 допускается на основании результатов специальных инженерно-геологических изысканий.

При расчетной сейсмичности 9 баллов и высоте насыпей (глубине выемок) более 4 м откосы земляного полотна из нескальных грунтов следует принимать на 1:0,25 положе откосов, проектируемых для несейсмических районов. Откосы крутизной 1:2,25 и менее крутые допускается проектировать по нормам для несейсмических районов.

При сейсмичности 7 и 8 баллов на рыхлых, неустойчивых породах не рекомендуется возводить насыпи выше 20 м и устраивать выемки глубже 15 м. При сейсмичности 9 баллов не разрешается строить насыпи выше 15 м и выемки глубже 12 м.

Трасса железнодорожной линии, по возможности, должна избегать мест, где проявляются размывы склонов, селевые потоки, обвалы.

Осыпи рекомендуется преодолевать эстакадами [108].

При устройстве земляного полотна на косогорах основную площадку, как правило, следует размещать или полностью на полке, врезанной в склон, или целиком на насыпи. Протяженность переходных участков должна быть минимальной.

В проекте железнодорожного земляного полотна, расположенного на скально-обвальном косогоре, необходимо предусматривать мероприятия по защите пути от обвалов – устройство улавливающей траншеи, подпорной стены, а также при соответствующем технико-экономическом обосновании улавливающие стены и другие.

Верхнее строение пути следует укладывать на щебеночном балласте.

Большие мосты должны располагаться вне зон тектонических разломов, на участках речных долин с устойчивыми склонами. В сейсмических районах

преимущественно применяются мосты балочной системы с разрезными и неразрезными пролетными строениями.

Арочные мосты допускается применять только при наличии скального основания. Пяты сводов и арок в них опираются на массивные опоры и располагаются на возможно более низком уровне. Надарочное строение проектируется сквозным.

При расчетной сейсмичности 7 и 8 баллов допускается применять сборные, сборно-монолитные и монолитные бетонные опоры с дополнительными антисейсмическими конструктивными элементами.

В проектах мостов с балочными разрезными пролетными строениями длиной свыше 18 м предусматриваются антисейсмические устройства предотвращения падения пролетных строений с опор:

- стопорные – препятствуют сдвигу опорных узлов пролётных строений поперёк оси моста и их приподниманию;
- сцепные – ограничивают относительные перемещения соседних концов ферм;
- буферные – смягчают сейсмические удары пролётных строений в шкафные стенки устоев [11].

При этом сейсмические нагрузки учитываются в виде возникающих при колебаниях основания сил инерции частей моста и подвижного состава, а также в виде сейсмических давлений грунта и воды.

Трубы под насыпями преимущественно применяются железобетонные, фундаментные, со звеньями замкнутого контура. Длина звеньев – не менее 2 м.

В случае применения при расчетной сейсмичности 9 баллов бетонных прямоугольных труб с плоскими железобетонными перекрытиями необходимо предусматривать соединение стен с фундаментом омоноличиванием выпусков арматуры. Бетонные стены труб армируются конструктивной арматурой. Между отдельными фундаментами устраиваются распорки.

Тоннельный переход необходимо предусматривать вне зон тектонических разломов однородных по сейсмической жесткости грунтах. При прочих равных

уровнях отдаётся предпочтение вариантам с более глубоким заложением тоннеля. В случае пересечения тоннелем тектонических разломов, по которым возможна подвижка массива горных пород, при соответствующем технико-экономическом обосновании предусматривается увеличение сечения тоннеля.

Также для повышения устойчивости применяются:

- водопонижение через вертикальные и дренажные скважины для грунтов, имеющих высокий коэффициент фильтрации, для повышения устойчивости тоннелей при вскрытии тектонических нарушений;

- инъекционное закрепление грунтов при строительстве тоннелей [136].

Для компенсации продольных деформаций обделки устраиваются антисейсмические деформационные швы, конструкция которых должна допускать смещение элементов обделки и сохранение гидроизоляции.

2.4 Постановка задачи исследования

На основе вышеизложенного и анализа карт ОСР-2012, расположения крупных очагов природных ресурсов на Дальнем Востоке, а также перспективных направлений строительства новых железнодорожных линий до 2030 года, представленных на рисунке 2.1, можно сделать следующие выводы:

1) вопрос укладки трассы в районах с высокой сейсмичностью недостаточно исследован;

2) в существующей практике высокая сейсмичность района проектирования учитывается на стадии разработки рабочей документации при проектировании поперечных профилей земляного полотна и мероприятий по защите земляного полотна и искусственных сооружений. На предпроектной и проектной стадиях при укладке трассы это не учитывается.

В этой связи в качестве задачи исследования необходимо:

1) исследовать способы обеспечения антисейсмического требования по защите земляного полотна железной дороги (устройства однородной площадки земляного полотна);

2) выполнить технико-экономический анализ наиболее рациональной укладки трассы в поперечном сечении земляного полотна;

3) разработать технологию проектирования трассы железнодорожных линий на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности и апробировать её;

4) выполнить варианты расчёты по поиску наиболее рационального решения по корректировке оси трассы на косогорных участках для обеспечения однородности основной площадки земляного полотна в районах с высокой сейсмичностью; дать рекомендации по проектированию трассы железнодорожных линий в указанных условиях;

5) оценить эффективность проектных решений в проектах железных дорог с учётом вероятности возникновения землетрясений.

3 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАССЫ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ С УЧЁТОМ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1 Классификация косогорных участков трассы

Проектирование трассы (трассирование) – это определение положения трассы в пространстве.

Целью трассирования является оптимальное, надёжное и безопасное в эксплуатации положение трассы будущей железной дороги, на котором эксплуатационные расходы по передвижению поездов и содержанию постоянных устройств, энергетические затраты будут минимальными, а объёмы работ и трудоёмкость сооружения дороги будут, по возможности, наименьшими [121].

На выбор направления и положения трассы влияют следующие факторы:

- экономические (назначение дороги, положение населённых пунктов и экономических центров в районе проектирования, размеры и характер перевозок, близость путей сообщения для доставки строительных грузов и т.д.);
- технические (технические параметры проектируемой линии);
- природные факторы (природно-топографические, инженерно-геологические, мерзлотные, сейсмические, гидрографические и другие природные условия района проектируемой дороги).

При этом если экономические факторы определяют опорные пункты для трассирования (населённые и экономические пункты района, через которые должна пройти железная дорога), то природные факторы определяют фиксированные точки трассы (точки, по которым целесообразно провести трассу по тем или иным условиям) и имеют, несомненно, влияние на технические параметры проектируемой линии.

К природным факторам относятся:

- сложность рельефа;

- инженерно-геологические условия;
- гидрологические условия;
- климат;
- неблагоприятные климатогенные и гидрогенные явления (заболоченность, мари и термокарст, курумы и каменные моря, оползни, наледи, осыпи и скальные обвалы, подмывы и размывы, снежные лавины, сели, высокая сейсмичность).

Все вышперечисленные факторы влияют на протяжённость трассы, её технические параметры и развитие, расположение отдельных пунктов и их характеристики, конструкцию земляного полотна, разнообразие, количество и характеристики искусственных сооружений (трубы, мосты, эстакады, виадуки и др.) и защитных сооружений (подпорные, удерживающие стенки, защитные сетки, галереи и др.), сложность и трудоёмкость принимаемых инженерно-технических решений в проекте в целом. Неблагоприятные климатогенные и гидрогенные явления влияют также на количество и масштаб превентивных мероприятий, которые нужно будет осуществить при строительстве и в последующей эксплуатации.

Всё это порождает многообразие вариантов положения трассы, оценка по технико-экономическим показателям вариантов трассы необходима уже на стадии предпроектных разработок. Это позволяет выявить конкурентноспособные варианты для последующего трассирования дороги по направлениям, детального их сравнения и выбора окончательного варианта трассы.

В зависимости от целей использования классификация косогорных участков может быть выполнена по различным признакам. В монографии [75] на основе опыта изысканий долинных ходов на реках Сибири и Дальнего Востока приведены критерии типизации склонов долин по инженерно-геологическим и морфологическим признакам для проведения разведочных работ и геофизического обследования и выявления потенциально опасных участков склонов и прижимов с наиболее вероятными проявлениями негативных геологических процессов в будущем:

- идентичность положения участков в пределах элементов складчатых структур и структурно-тектонических блоков;
- идентичность сейсмологических условий формирования склонов;
- единообразие наборов литолого-генетических комплексов пород с одинаковой степенью трещиноватости, выветривания, разгрузки и изменений деятельности человека;
- вещественный состав и особенности строения пород;
- обводнённость пород на склонах, наличие и горизонты подземных вод и верховодки, дренирующая способность пород, характер и химический состав вод;
- высота, крутизна, профиль склонов и другие их геоморфологические особенности;
- климатический фактор (экспозиция по отношению к сторонам света и направление господствующих ветров в различное время года);
- соотношение зон ослабления с простиранием и крутизной склонов, степень силового воздействия процессов эрозии и абразии.

Влиянию сейсмического воздействия на склон, которое, безусловно, является немаловажным, внимание было уделено недостаточно. Исходя из этого, для учета влияния сейсмичности района проектирования на положение трассы и, в конечном счёте, на затраты по строительству железнодорожной линии, автором исследования была разработана классификация косогорных участков по их характерным признакам: виду грунтов, геометрическим параметрам конструкции земляного полотна (ширина основной площадки, уклон откоса насыпи/выемки) и категориям по сейсмическим свойствам грунта.

Для разработки классификации был использован иерархический метод классификации.

В соответствии с [109] были выделены геологические слои по видам грунтов и каждому присвоен свой порядковый номер (таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Классификация геологических слоёв по видам грунтов

№ п/п	Вид грунтов
1	Глинистые и пылеватые грунты в районах избыточного увлажнения, а также пески однородные, мелкие и пылеватые
2	Глинистые грунты тугопластичной консистенции и крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем такой же консистенции
3	Пески мелкие и пылеватые, глинистые грунты (в том числе лёссовидные) твердой и полутвердой консистенции, крупнообломочные с глинистым заполнителем такой же консистенции,
4	Раздробленные скальные легко выветривающиеся
5	Раздробленные скальные выветривающиеся
6	Пески мелкие барханные в районах с засушливым климатом
7	Пески гравелистые крупные и средней крупности
8	Крупнообломочные и крупнообломочные с песчаным заполнителем
9	Раздробленные скальные слабовыветривающиеся

Далее косогорные участки с такими видами грунтов были разделены на 2 группы (А и Б соответственно) по ширине основной площадки, а затем в зависимости от типа поперечного профиля земляного полотна – насыпи и выемки – и крутизны откосов земляного полотна дополнительно были разбиты на 5 и 2 подгруппы соответственно.

Затем, согласно [108], каждому варианту косогорного участка была присвоена категория группы по сейсмическим свойствам (таблица 3.2).

Данная классификация учитывает сейсмические свойства грунтов, элементы конструкций земляного полотна разных типов поперечного профиля – насыпи и выемки - и наглядно выделяет варианты для анализа зависимости величины капиталовложений в строительство земляного полотна железнодорожной линий от какого-либо внешнего фактора (например, крутизны косогора).

Таким образом, в разделе 3.1 разработана Классификация косогорных участков по виду грунтов, геометрическим параметрам конструкции земляного полотна с учётом сейсмических условий, представленная в табличной форме. Применительно к данным таблицы 3.2 в последующем произведён анализ зависимости величины капиталовложений по сооружению земляного полотна железнодорожной линий от влияющих внешних факторов (крутизны косогора и др.).

Таблица 3.2 - Классификация косогорных участков по виду грунтов, геометрическим параметрам конструкции земляного полотна с учётом сейсмических условий

Параметры земляного полотна	Группы						
	А– недренирующие грунты					Б – дренирующие грунты*	
Ширина основной площадки в зависимости от категории ж.-д. линии						11.7	10.7
						7.6	6.6
						7.3	6.4
						7.1	6.2
	Подгруппы						
	1	2	3	4	5	1	2
Виды грунтов	глинистые и пылеватые грунты в районах избыточного увлажнения, а также пески однородные, мелкие и пылеватые	глинистые грунты тугопластичной консистенции и крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем такой же консистенции	пески мелкие и пылеватые, глинистые грунты (в том числе лёссовидные) твердой и полутвердой консистенции, крупнообломочные с глинистым заполнителем такой же консистенции, раздробленные скальные легко выветривающиеся	раздробленные скальные выветривающиеся	пески мелкие барханные в районах с засушливым климатом	пески гравелистые крупные и средней крупности, крупнообломочные и крупнообломочные с песчаным заполнителем	раздробленные скальные слабовыветриваю- щиеся
Крутизна откоса насыпей: до 6 м от 6 м до 12 м	1:1.75 1:2	1:2 Индивидуаль- ный проект	1:1.5 1:1.75	1:1.5 1:1.5	1:2 1:2	1:1.5 1:1.5	1:1.5 1:1.5
Крутизна откоса выемок: до 6 м от 6 м до 12 м	1:2 -	1:1.5 1:1.5	1:1.5 1:1.5	1:1 1:1	1:1.75 1:2	1:1.5 1:1.5	1:0.2 1:0.2
Категория группы по сейсмическим свойствам	III	II	II	II	II	II	I

*К дренирующим грунтам по условиям работы земляного полотна следует относить грунты, имеющие при максимальной плотности по стандартному уплотнению коэффициент фильтрации не менее 0,5 м/сут, содержащие менее 10% частиц по массе размером менее 0,1 мм.

3.2 Обеспечение однородности основной площадки земляного полотна

Опыт проектирования и строительства железных дорог в Сибири и на Дальнем Востоке, в том числе Байкало-Амурской магистрали и примыканий к ней, показывает, что особое внимание следует уделять участкам на косогорах, отличающимся неблагоприятными инженерно-геологическими условиями. В пределах этих участков велика вероятность возникновения аварийных ситуаций («отказов»), что может приводить к нарушению требования бесперебойности движения поездов, нарушению графика движения, нарушению сроков доставки, что может спровоцировать нарушение работы на перегоне, близлежащих железнодорожных станциях, линиях примыканий или железнодорожной линии в целом [75].

При трассировании железнодорожной линии в таких условиях необходимо выполнять антисейсмические требования, одним из которых, согласно СП [107], является устройство однородной основной площадки земляного полотна – исключение таких типов поперечного профиля, как «полунасыпь-полувыемка», так как они характеризуются неоднородными грунтовыми условиями: насыпь – насыпной грунт, выемка – местные грунты, и проектирование только насыпей или только выемок. Это позволяет увеличить устойчивость земляного полотна и уменьшить вероятность разрушений при землетрясениях [40].

Однородность основной площадки можно обеспечить при укладке трассы линии за счёт корректировки её положения в плане или продольном профиле. При этом можно при фиксированном плане трассы определить отметки насыпи $H_{min(н)}$ и выемки $H_{max(в)}$, ограничивающие положение проектной линии по условию сохранения однородности основной площадки. Таким образом, можно получить некий **«коридор профиля»**.

«Коридор профиля» – область в продольном профиле трассы, ограниченная отметками минимальных высот насыпей (h_n) и глубин выемок (h_v), вне пространства которой должна располагаться проектная линия (рисунок 3.1).

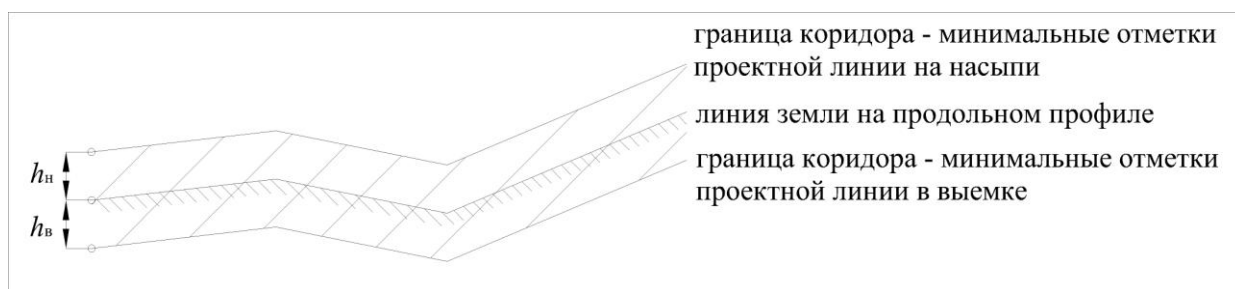


Рисунок 3.1 - Граничные значения отметок насыпей и выемок

Корректировка пространственного положения трассы для обеспечения однородности земляного полотна в процессе разработки проекта возможна в двух случаях.

В первом случае – при укладке трассы на стадии проекта. На основе уложенного плана линии на продольном профиле указываются линия земли и границы «коридора профиля», вне пространства которого должна быть уложена проектная линия. Например, на рисунке 3.2 при проектировании продольного профиля трассы новой железнодорожной линии используются преимущественно насыпи.

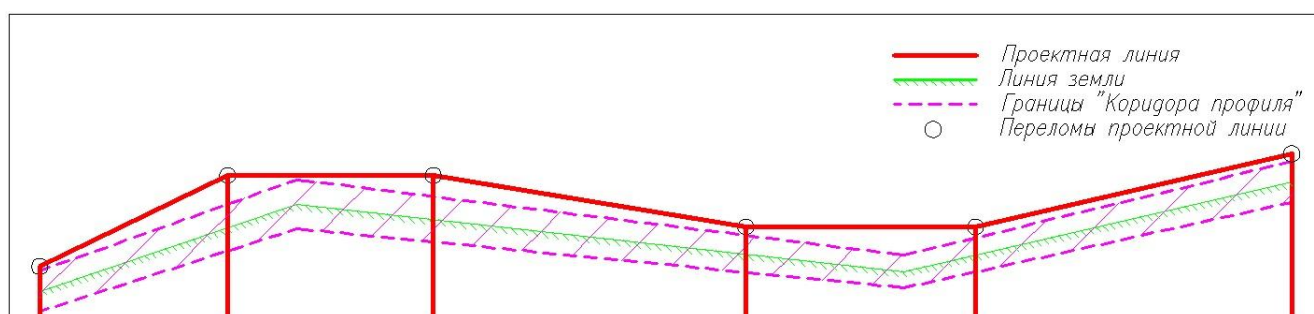


Рисунок 3.2 - Укладка проектной линии вне «коридора профиля»

Аналізу подлежат все ходы трассы, за исключением поперечно-водораздельного, имеющего место при расположении плана трассы перпендикулярно горизонталям.

Минимальные высоты насыпей (h_n) и глубины выемок (h_b) (рисунок 3.3а и 3.3б) определяются по формуле:

$$h_{\text{н}} = h_{\text{в}} = \frac{0,5B}{k}, \quad (3.1)$$

где B – ширина основной площадки земляного полотна; k – заложение откоса косогогора.

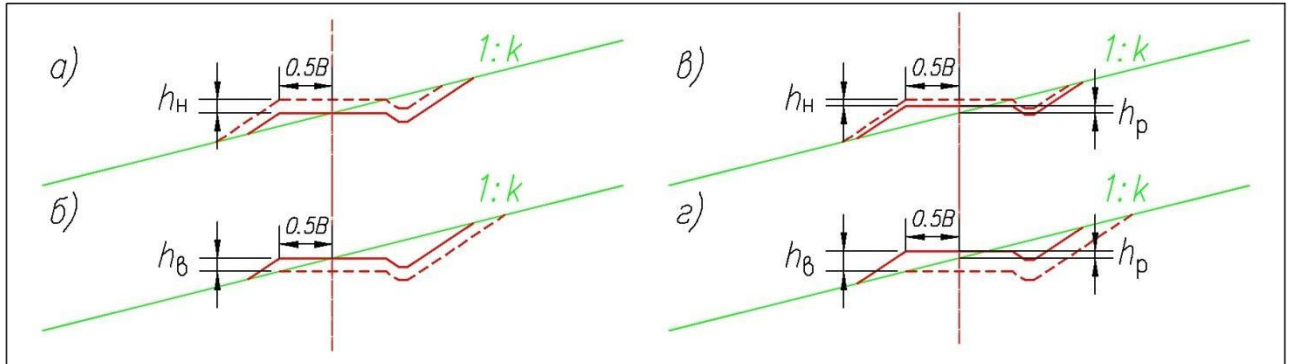


Рисунок 3.3 - Схемы для расчёта минимальных высот насыпей и глубин выемок

Однородность основной площадки можно обеспечить также корректировкой плана трассы при фиксированной проектной линии, используя при этом так называемый **«коридор плана»**.

«Коридор плана» – область в плане трассы, вне пространства которой должна располагаться проектная ось.

Величины необходимых сдвигов трассы для насыпи и выемки в плане (рисунки 3.4а и 3.4б) определяются по формуле:

$$\Delta_{\text{нас}} = \Delta_{\text{выем}} = 0,5B. \quad (3.2)$$

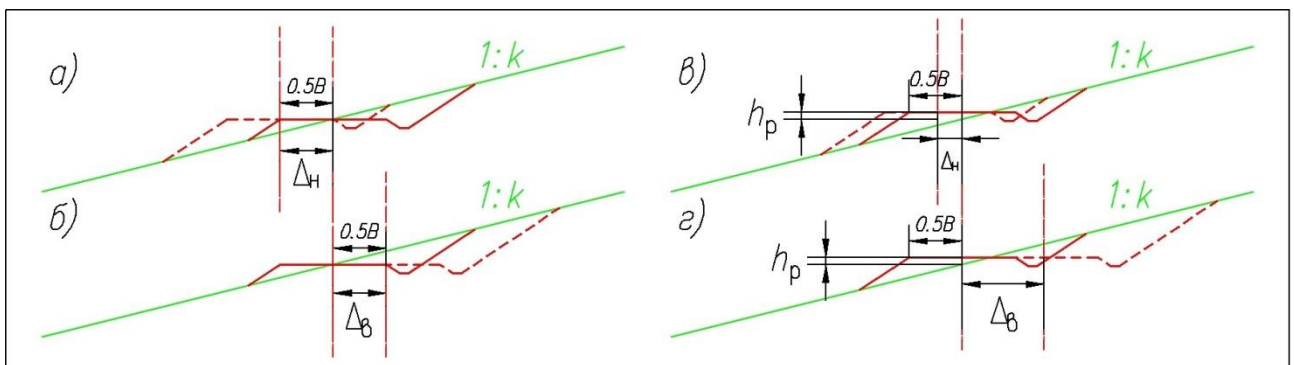


Рисунок 3.4 - Расчёт сдвигов трассы в плане для насыпи и выемки

Во втором случае имеем дело с трассой на стадии корректировки при проектировании рабочей документации. На уже имеющемся продольном профиле

с уложенной проектной линией строится «коридор профиля» и производится корректировка положения проектной линии с тем, чтобы она находилась вне пространства «коридора профиля» (рисунок 3.5).

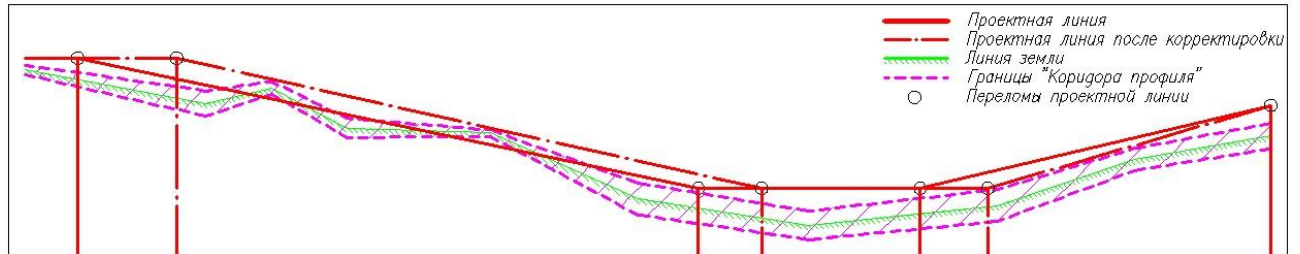


Рисунок 3.5 - Корректировка проектной линии для обеспечения однородности основной площадки

Минимальные высоты насыпей (h_n) и глубины выемок (h_b) во втором случае (см. рисунки 3.3в и 3.3г) определяются по формулам:

$$h_n = \frac{0,5B}{k} - h_p ; \quad (3.3)$$

$$h_b = \frac{0,5B}{k} + h_p , \quad (3.4)$$

где h_p – отметка ранее уложенной проектной линии.

Величины необходимых сдвигов трассы в плане (рисунки 3.4в и 3.4г) для насыпи и выемки определяются по формулам:

$$\Delta_n = 0.5B - h_p k, \quad (3.5)$$

$$\Delta_b = 0.5B + h_p k. \quad (3.6)$$

Таким образом, в разделе 3.2 был рассмотрен вариант обеспечения одного из требований норм проектирования по защите земляного полотна железной дороги от сейсмического воздействия – устройство однородной основной площадки земляного полотна – за счёт корректировки её положения в плане или продольном профиле при укладке трассы, получены формулы минимальных высоты насыпей (h_n) и глубины выемок (h_b), величины необходимых сдвигов трассы для насыпи и выемки в плане для вновь укладываемой трассы и на этапе разработки рабочей документации. Эти формулы использованы в дальнейшем при определении оптимального решения при смещении трассы.

3.3 Определение рационального решения при смещении трассы в профиле или плане

Для обеспечения однородности земляного полотна за счет пространственного положения трассы можно сместить проектную линию и/или план трассы в пределах пространственного коридора.

Для определения рационального решения при смещении трассы в профиле или в плане из полунасыпи-полувыемки в насыпь или в выемку необходимо принять **критерий перехода**.

За критерий принята минимальная стоимость производства земляных работ по сооружению насыпи или выемки, так как именно этот показатель наиболее существенно влияет на величину капиталовложений при строительстве новой железнодорожной линии.

Стоимость производства земляных работ:

$$K_{з.р.} = V_{з.р.} \cdot a_{з.р.},$$

где $K_{з.р.}$ – стоимость производства земляных работ, тыс. руб.;

$V_{з.р.}$ – профильный объём земляных работ, тыс. м³;

$a_{з.р.}$ – стоимость сооружения 1 тыс. м³ земляного полотна, тыс. руб.

Стоимость сооружения $a_{з.р.}$ – величина постоянная для вида производства работ (отсыпка насыпи, разработка выемки, рыхление грунта в выемке), а профильный объём земляных работ $V_{з.р.}$ представляет собой:

$$V_{з.р.} = \sum_{i=1}^n S_i \cdot l_i,$$

где S_i – площадь поперечного сечения i ;

l_i – длина участка трассы с поперечным сечением i .

Наиболее рациональное решение соответствует минимуму стоимости производства работ на участке длиной 1 м.

Расчёт для смещения трассы в насыпь и в выемку представлен в Приложении А. В каждом случае с использованием координатной модели

поперечного профиля рассмотрены два варианта – смещение в продольном профиле и в плане

3.3.1 Анализ зависимости стоимости производства земляных работ на 1 м длины трассы от крутизны косогора

Для анализа зависимости объемов земляных работ от крутизны косогора для всех ранее описанных вариантов (см. Приложение А) рассчитаем их при крутизне косогора от 1:3 до 1:10.

Данный интервал был выбран на основе анализа строительных норм [108] и рекомендаций [97], а также предположения, что угол наклона склона к горизонту при крутизне откоса 1:10, равный 6° , можно отнести к равнинным участкам.

Принимаем ширину основной площадки как для однопутной линии I-ой категории при использовании грунтов глинистых, крупнообломочных с глинистым заполнителем, скальных легко выветривающихся и выветривающихся, песков недренирующих, мелких и пылеватых равной 7.6 м и равной 6.6 м при использовании грунтов крупнообломочных и крупнообломочных с песчаным заполнителем, раздробленных скальных слабыветривающихся, песков гравелистых крупных и средней крупности, крутизну откосов насыпи и выемки в соответствии с таблицей 3.2 (см. подраздел 3.1), крутизну откосов канавы/кювета 1:1.5, ширину канавы/кювета 0.4, глубину канавы/кювета 0.6 м.

Принимаем стоимость производства работ⁴:

по возведению 1 м^3 насыпи – 209 рублей;

по разработке 1 м^3 выемки – 120 рублей;

по рыхлению 1 м^3 грунта – 175 рублей;

по рыхлению со взрывом 1 м^3 грунта – 230 рублей.

⁴ Принято по смете из проекта строительства новой железнодорожной линии «Кызыл-Курагино»

Площадь координатной модели определяется по формуле:

$$s = \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^{n-1} ((x_i \cdot y_{i+1} - x_{i+1} \cdot y_i) + (x_n \cdot y_1 - x_1 \cdot y_n)) \right),$$

где x_1, y_1 – координаты первой точки модели,

x_i, y_i – координаты i -ой точки модели,

x_{i+1}, y_{i+1} – координаты следующей за i -ой точкой точки модели,

x_n, y_n – координаты n -ой точки модели,

n – число точек модели.

Расчёты произведены в Microsoft Excel и представлены в таблицах Б.1 – Б.112 Приложения Б, таблицах 3.3 – 3.9 и диаграммах (рисунок 3.6 – рисунок 3.12).

Таблица 3.3 - Анализ зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора на участке группы А подгруппы 1

Уклон косогора	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
1:10	584.98	882.90	882.90	869.48	869.48	964.17	1083.34
1:9	652.74	990.51	990.51	978.77	978.77	1106.63	1249.28
1:8	742.74	1132.65	1132.65	1124.50	1124.50	1298.54	1473.22
1:7	868.10	1329.10	1329.10	1328.52	1328.52	1570.80	1791.65
1:6	1054.80	1618.37	1618.37	1634.55	1634.55	1991.62	2286.05
1:5	1362.50	2086.61	2086.61	2144.60	2144.60	2705.21	3127.21
1:4	1965.76	2974.53	2974.53	3164.70	3164.70	4136.19	4818.33
1:3	3692.98	5308.14	5308.14	6225.00	6225.00	8388.99	9864.88

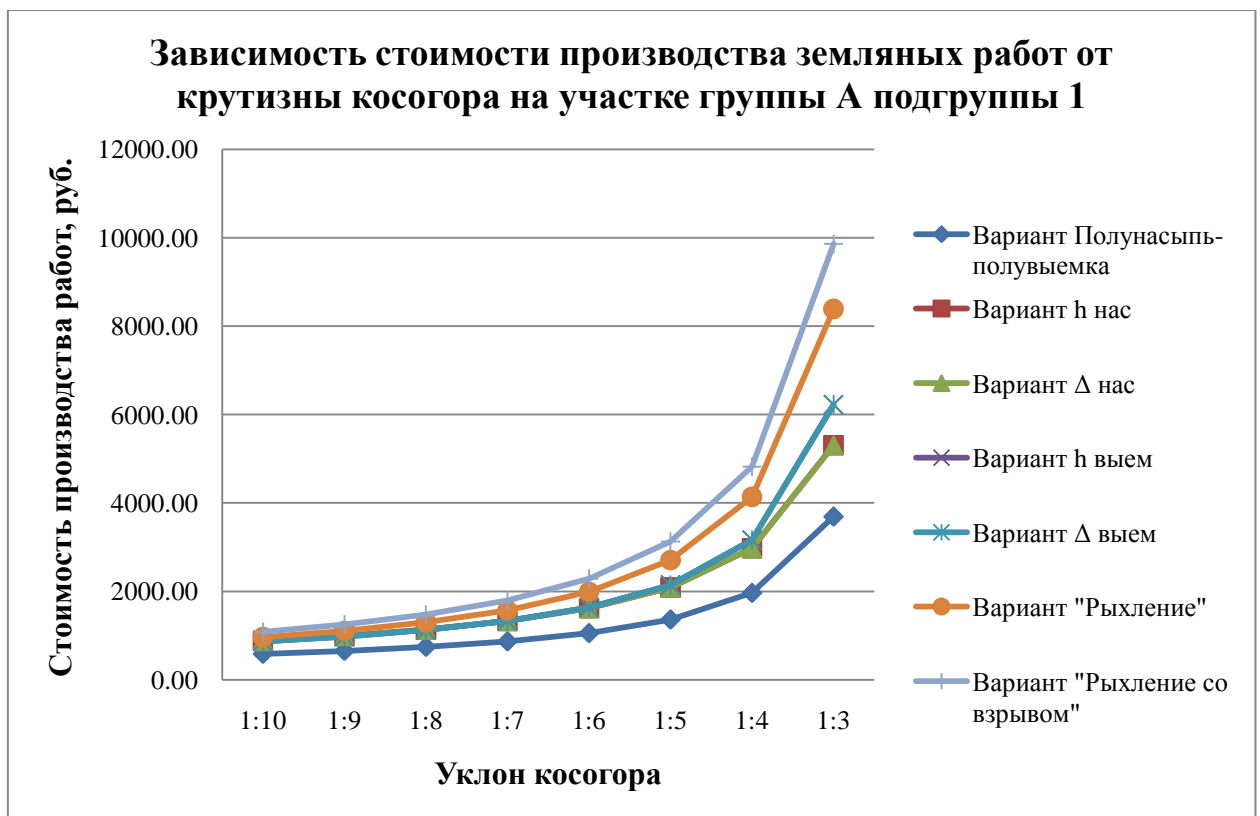


Рисунок 3.6 - Диаграмма зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора на участке группы А подгруппы 1.

Таблица 3.4 - Анализ зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора на участке группы А подгруппы 2

Уклон косогора	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
1:10	536,34	882,25	882,25	771,53	771,53	933,48	1058,30
1:9	597,17	994,59	994,59	861,92	861,92	1075,58	1225,94
1:8	677,40	1144,26	1144,26	980,12	980,12	1268,26	1453,96
1:7	788,12	1353,58	1353,58	1141,31	1141,31	1544,26	1781,90
1:6	950,85	1667,11	1667,11	1374,13	1374,13	1979,16	2302,35
1:5	1213,74	2188,54	2188,54	1740,00	1740,00	2728,17	3204,13
1:4	1712,09	3227,72	3227,72	2398,56	2398,56	4299,83	5113,12
1:3	3042,58	6323,12	6323,12	3935,20	3935,20	9658,89	11738,31

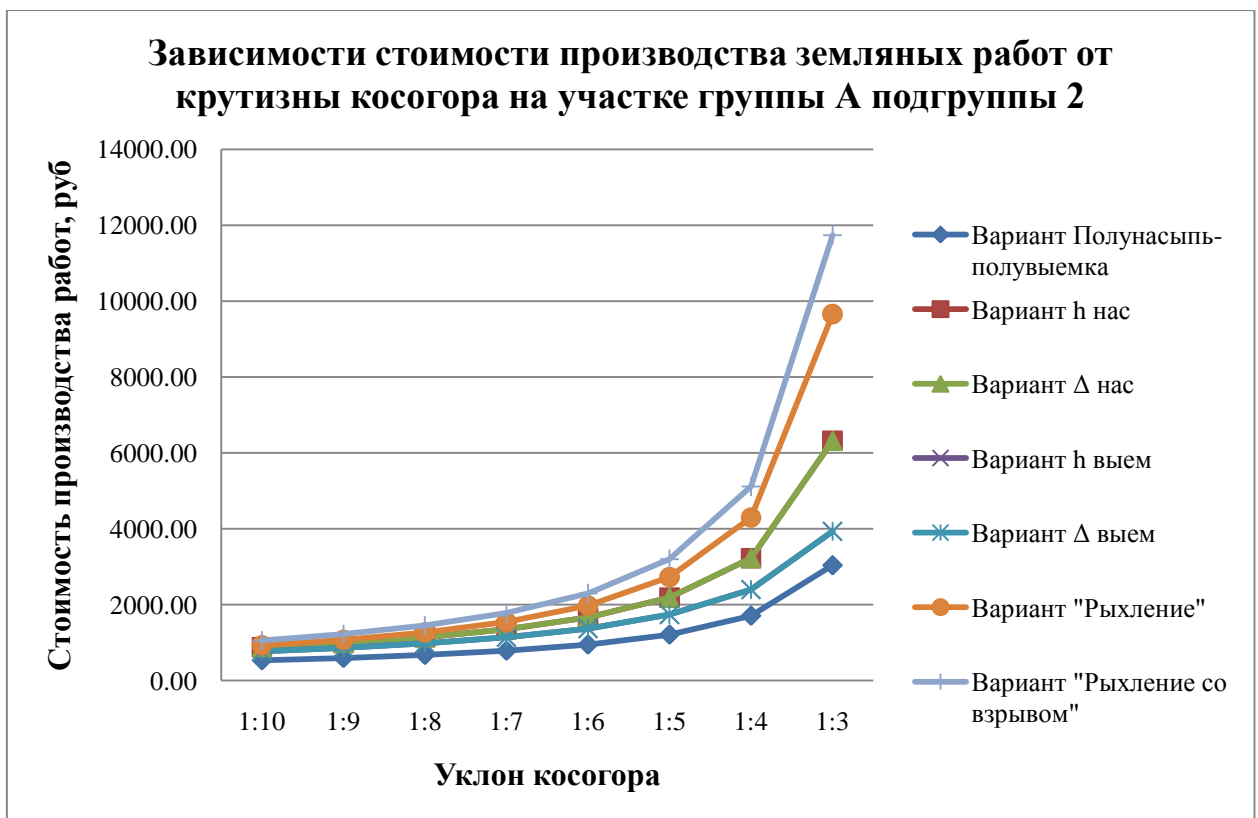


Рисунок 3.7 - Диаграмма зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора на участке группы А подгруппы 2

Таблица 3.5 - Анализ зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогоора на участке группы А подгруппы 3

Уклон косо-гора	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхле-ние»	Вариант «Рыхле-ние со взрывом»
1:10	525,24	837,87	837,87	771,53	771,53	887,82	1001,77
1:9	582,80	937,11	937,11	861,92	861,92	1014,27	1149,87
1:8	658,06	1066,88	1066,88	980,12	980,12	1182,27	1347,03
1:7	760,69	1243,84	1243,84	1141,31	1141,31	1416,21	1622,23
1:6	908,93	1499,45	1499,45	1374,13	1374,13	1766,83	2036,46
1:5	1141,88	1901,12	1901,12	1740,00	1740,00	2343,36	2720,96
1:4	1561,19	2624,13	2624,13	2398,56	2398,56	3418,45	4002,15
1:3	2539,59	4311,15	4311,15	3935,20	3935,20	6113,75	7237,05

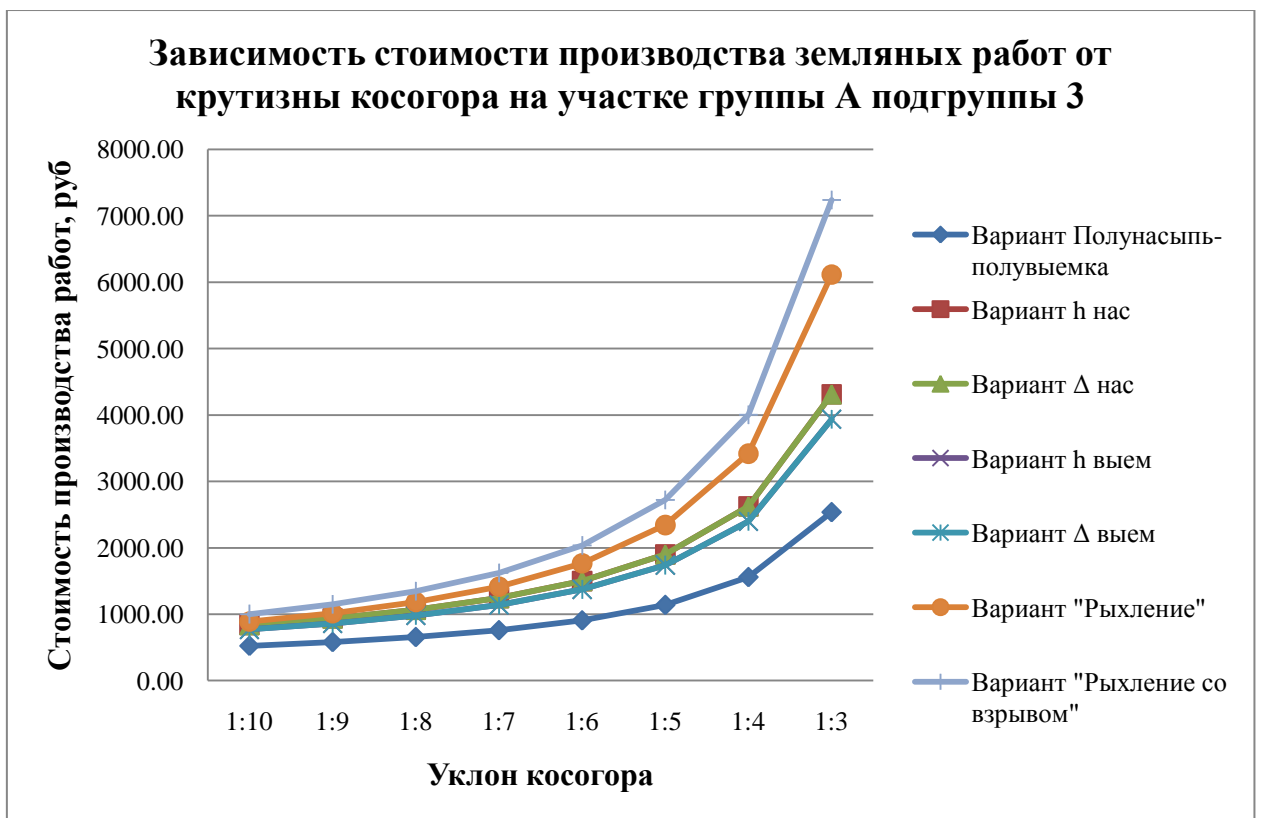


Рисунок 3.8 - Диаграмма зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогоора на участке группы А подгруппы 3

Таблица 3.6 - Анализ зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора на участке группы А подгруппы 4

Уклон косогора	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
1:10	476,93	816,97	816,97	684,47	684,47	839,50	953,46
1:9	527,67	914,66	914,66	759,68	759,68	959,14	1094,75
1:8	593,44	1042,35	1042,35	856,37	856,37	1117,65	1282,40
1:7	682,06	1216,34	1216,34	985,30	985,30	1337,58	1543,61
1:6	808,01	1467,44	1467,44	1165,80	1165,80	1665,91	1935,54
1:5	1001,29	1861,50	1861,50	1436,55	1436,55	2202,76	2580,37
1:4	1336,19	2569,37	2569,37	1887,80	1887,80	3193,45	3777,15
1:3	2063,49	4215,05	4215,05	2790,30	2790,30	5637,65	6760,95

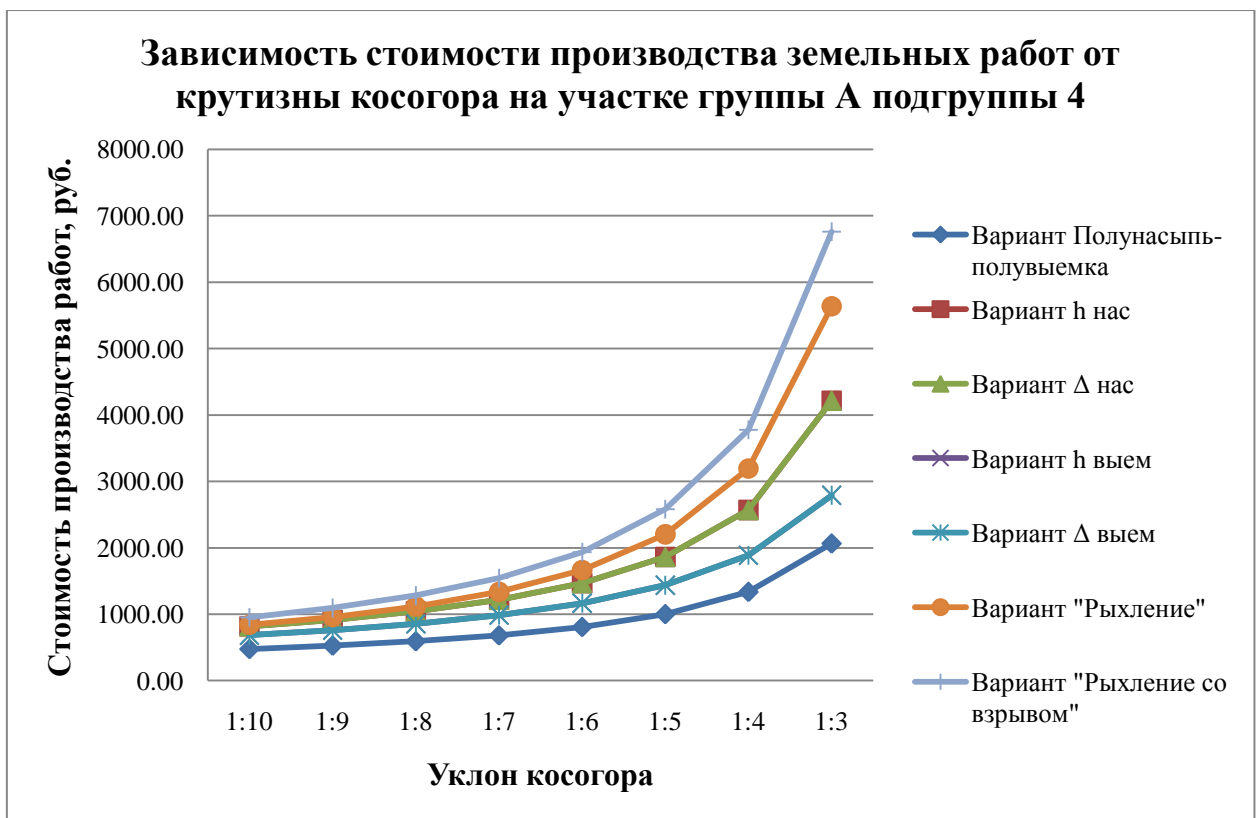


Рисунок 3.9 - Диаграмма зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора на участке группы А подгруппы 4

Таблица 3.7 - Анализ зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора на участке группы А подгруппы 5

Уклон косогора	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
1:10	562,70	893,65	893,65	819,02	819,02	959,84	1084,66
1:9	627,58	1006,98	1006,98	918,33	918,33	1105,99	1256,35
1:8	713,59	1158,00	1158,00	1049,42	1049,42	1304,45	1490,15
1:7	833,05	1369,30	1369,30	1230,46	1230,46	1589,19	1826,83
1:6	1010,21	1685,94	1685,94	1496,68	1496,68	2038,53	2361,71
1:5	1300,25	2212,93	2212,93	1926,74	1926,74	2814,69	3290,65
1:4	1862,09	3264,23	3264,23	2739,07	2739,07	4449,83	5263,12
1:3	3423,46	6400,00	6400,00	4851,12	4851,12	10039,77	12119,19

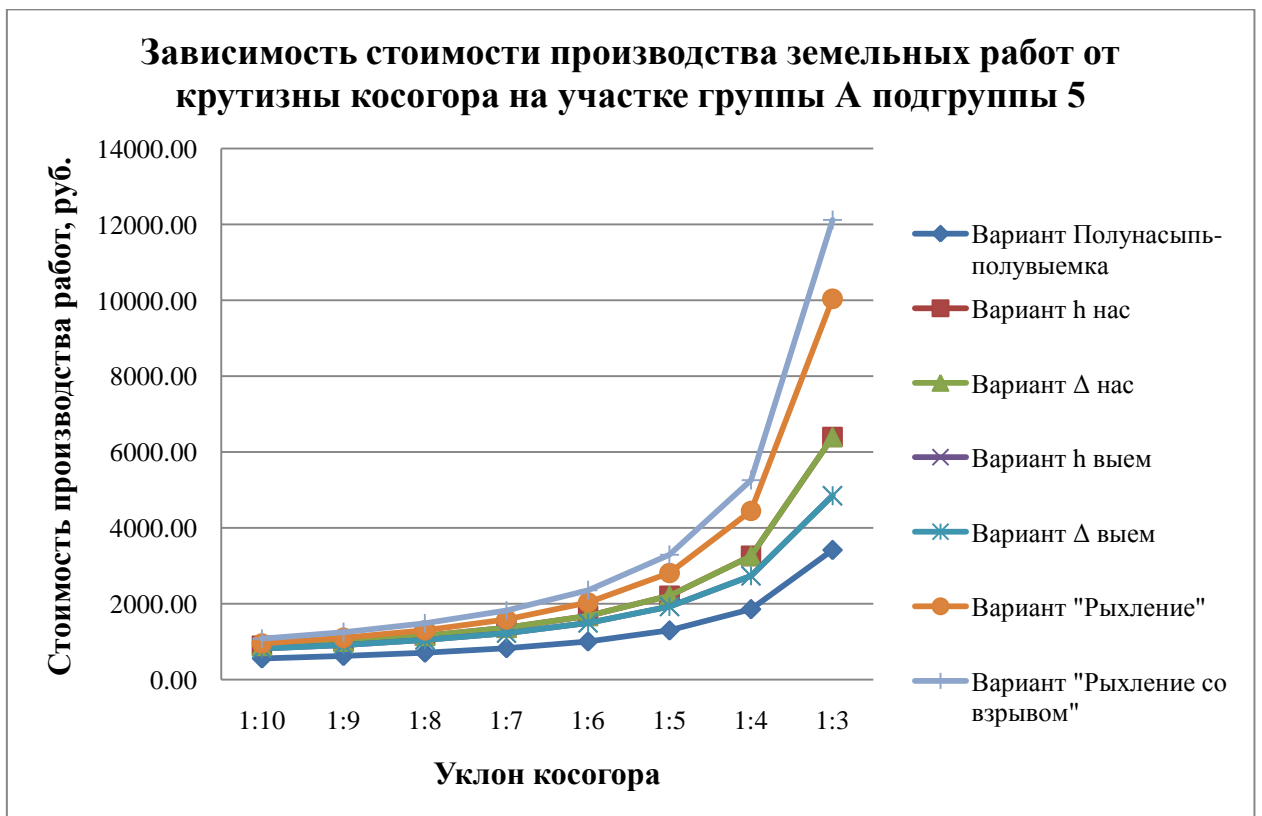


Рисунок 3.10 - Диаграмма зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора на участке группы А подгруппы 5

Таблица 3.8 - Анализ зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора на участке группы Б подгруппы 1

Уклон косогора	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
1:10	441,01	663,30	663,30	640,24	640,24	714,45	800,39
1:9	487,33	739,26	739,26	713,12	713,12	812,73	915,00
1:8	547,91	838,59	838,59	808,43	808,43	943,25	1067,50
1:7	630,51	974,04	974,04	938,40	938,40	1124,88	1280,25
1:6	749,82	1169,69	1169,69	1126,13	1126,13	1391,49	1593,16
1:5	937,32	1477,15	1477,15	1421,14	1421,14	1844,17	2129,18
1:4	1274,80	2030,57	2030,57	1952,16	1952,16	2687,17	3131,05
1:3	2062,27	3321,88	3321,88	3191,20	3191,20	4795,00	5653,86

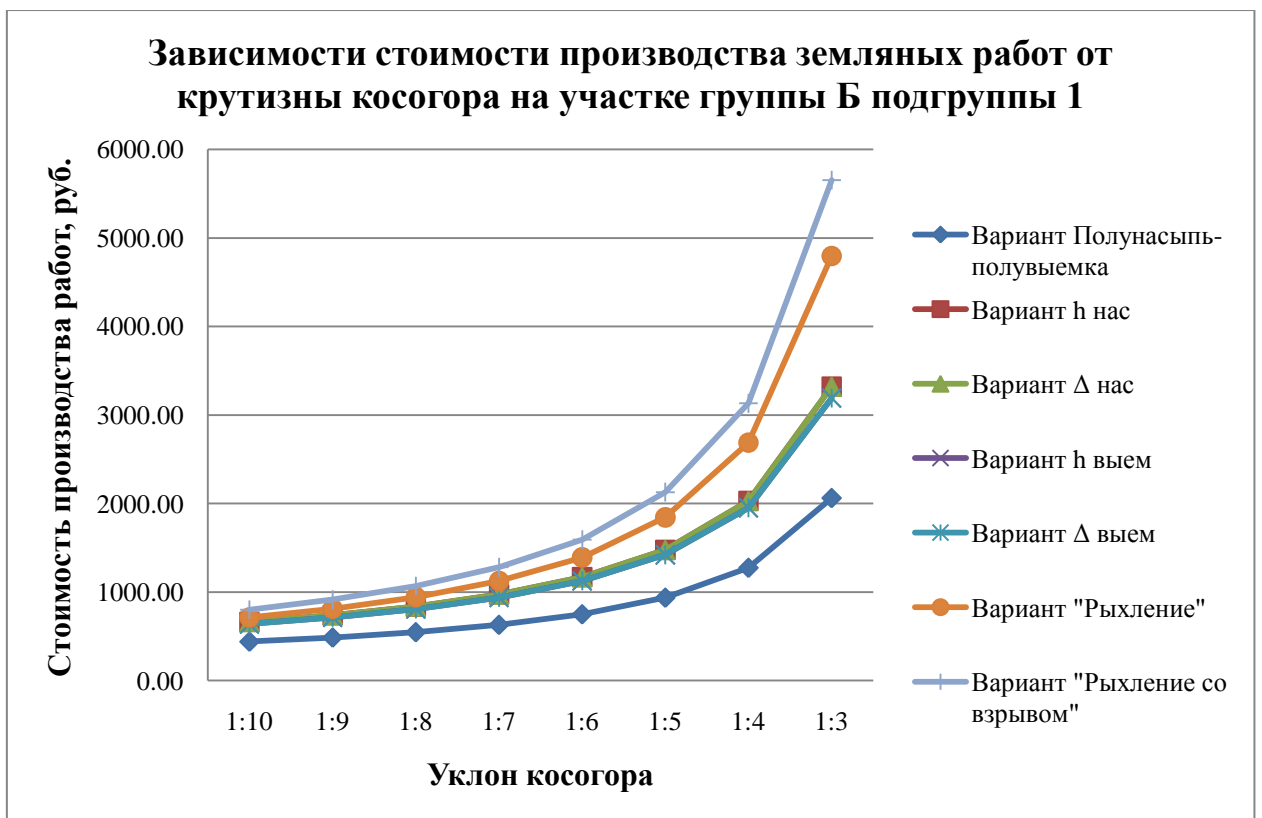


Рисунок 3.11 - Диаграмма зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора на участке группы Б подгруппы 1

Таблица 3.9 - Анализ зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора на участке группы Б подгруппы 2

Уклон косогора	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
1:10	335,80	613,40	613,40	459,32	459,32	609,24	695,18
1:9	369,15	686,20	686,20	504,07	504,07	694,55	796,82
1:8	411,97	781,34	781,34	560,29	560,29	807,31	931,56
1:7	469,00	910,95	910,95	633,05	633,05	963,37	1118,74
1:6	548,88	1097,94	1097,94	730,90	730,90	1190,54	1392,21
1:5	669,14	1391,30	1391,30	869,53	869,53	1576,00	1861,01
1:4	872,49	1918,17	1918,17	1081,11	1081,11	2284,85	2728,74
1:3	1301,58	3143,41	3143,41	1443,81	1443,81	4034,31	4893,17

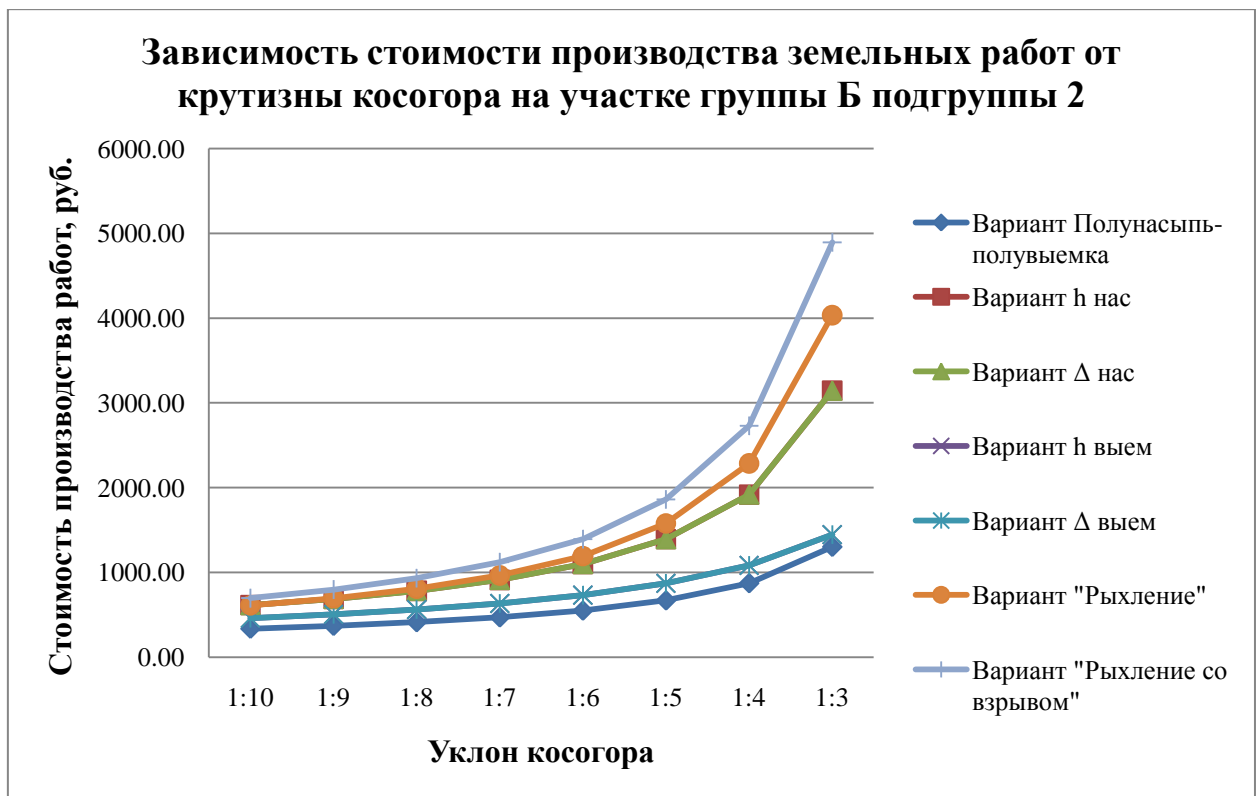


Рисунок 3.12 - Диаграмма зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора на участке группы Б подгруппы 2

В результате произведенных расчётов были получены следующие результаты (таблица 3.10):

- по критерию минимальной стоимости производства земляных работ при грунтах группы А подгрупп 2 – 5 и группы Б подгрупп 1 – 2, относящихся к I и II группе по сейсмическим свойствам при крутизне косогора от 1:10 до 1:3 рациональным решением является смещение в продольном профиле и плане в выемку;

- при грунтах группы А подгруппы 1, относящихся к III группе по сейсмическим свойствам (глинистые и пылеватые грунты в районах избыточного увлажнения, а также пески однородные, мелкие и пылеватые), при уклоне косогора от 1:10 до 1:7 рациональным вариантом является смещение оси трассы в плане и продольном профиле в выемку, при уклоне косогора от 1:7 до 1:3 – смещение оси трассы в плане и продольном профиле в насыпь.

Таблица 3.10 - Рациональные решения при различных видах грунтов и уклоне косогора от 1:10 до 1:3

	Категория по сейсмическим свойствам, грунты		
	I	II	III
Уклон	Раздробленные скальные слабоветривающиеся	Крупнообломочные и крупнообломочные с песчаным заполнителем; пески гравелистые крупные и средней крупности; пески мелкие барханные в районах с засушливым климатом; раздробленные скальные выветривающиеся; раздробленные скальные легко выветривающиеся; пески мелкие и пылеватые; глинистые грунты (в том числе лёссовидные) твердой и полутвердой консистенции; крупнообломочные с глинистым заполнителем такой же консистенции; глинистые грунты тугопластичной консистенции и крупнообломочные грунты с глинистым заполнителем такой же консистенции	Глинистые и пылеватые грунты в районах избыточного увлажнения, а также пески однородные, мелкие и пылеватые
1:10 – 1:7	Смещение в продольном профиле и плане в выемку на величину от 0,35 до 1,95 м и от 3,55 до 5,85 м		Смещения оси трассы в плане и продольном профиле в выемку на величину от 3,10 до 5,35 м и от 0,31 до 0,76 м
1:7 – 1:3			Смещение оси трассы в плане и продольном профиле в насыпь на величину от 3,1 до 5,35 м и от 0,43 до 1,78 м

Таким образом, в разделе 3.3 было проведено исследование зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора при различных видах грунтов в соответствии с классификацией косогорных участков, по виду грунтов, геометрическим параметрам конструкции земляного полотна и категориям по сейсмическим свойствам (см. таблица 3.3) на основе координатной модели поперечного профиля земляного полотна железнодорожной линии и получены результаты по рациональным решениям для участков трассы с различными уклонами косогора при различных видах грунтов.

3.4 Поиск оптимального решения

Корректировка оси, обеспечивающая однородность земляного полотна только в продольном профиле или только в плане, может не быть наилучшим решением. Поэтому рассмотрены смещения оси в произвольном направлении – при одновременном изменении продольного профиля и плана.

Для того поиска рационального решения в произвольном направлении использован метод перебора возможных вариантов.

Принимаем, что B – ширина основной площадки земляного полотна ($B = 7.3$ м), k – заложение откоса косогора ($k = 4$), m – уклон откоса насыпи/выемки ($m = 1.5$); h_p – рабочая отметка в точке i продольного профиля трассы.

Величины смещения оси трассы в продольном профиле ($h_{нас}$) и плане ($\Delta_{нас}$) определяются по формулам 3.3 – 3.6:

$$\text{для насыпи } h_n = \frac{0,5B}{k} - h_p; \Delta_n = 0,5B - h_p k;$$

$$\text{для выемки } h_n = \frac{0,5B}{k} + h_p; \Delta_n = 0,5B + h_p k.$$

Принимаем исходное положение оси трассы в точке пересечения склона косогора и центра основной площадки ($h_p = 0$), а это значит, что смещения в продольном профиле и плане в насыпь и в выемку будут равны и для дальнейшего исследования можно принять только один вид смещения – насыпь.

Для определения величины рационального смещения оси трассы в продольном профиле и плане определим граничные условия:

- 1) Исходя из условия однородности, основная площадка земляного полотна должна располагаться целиком в насыпи или выемке.
- 2) Величина площади поперечного профиля (S) в сечении i должна быть минимальной.

В таблице 3.11 представлены варианты всех возможных сочетаний смещений в плане и профиле. Для удобства варианты сгруппированы по величине площади поперечного профиля в расчётном сечении i и расположены в порядке убывания.

Таблица 3.11 - Варианты решений для смещения оси трассы в насыпь

№ п/п	Вариант решения	$h_{\text{нас}}, \text{ м}$	$\Delta_{\text{нас}}, \text{ м}$	$S_{\text{нас}}, \text{ м}^2$	$S_{\text{выем}} + S_{\text{кан}}, \text{ м}^2$	$S, \text{ м}^2$
1	$h_{\text{нас}} + \Delta_{\text{нас}}$	0.9125	3.65	22.77	1.75	24.52
2	$0.75 h_{\text{нас}} + \Delta_{\text{нас}}$	0.684375	3.65	19.47	1.75	21.22
3	$h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0.9125	2.7375	19.47	1.75	21.22
4	$0.5 h_{\text{нас}} + \Delta_{\text{нас}}$	0.45625	3.65	16.35	1.75	18.1
5	$0.75 h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0.684375	2.7375	16.35	1.75	18.1
6	$h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0.9125	1.825	16.35	1.75	18.1
7	$0.25 h_{\text{нас}} + \Delta_{\text{нас}}$	0.228125	3.65	13.41	1.75	15.16
8	$0.5 h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0.45625	2.7375	13.41	1.75	15.16
9	$0.75 h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0.684375	1.825	13.41	1.75	15.16
10	$h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0.9125	0.9125	13.41	1.75	15.16
11	$\Delta_{\text{нас}}$	0	3.65	10.66	1.75	12.41

№ П/П	Вариант решения	$h_{\text{нас}}, \text{ м}$	$\Delta_{\text{нас}}, \text{ м}$	$S_{\text{нас}}, \text{ м}^2$	$S_{\text{выем}} + S_{\text{канал}}, \text{ м}^2$	$S, \text{ м}^2$
12	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0.228125	2.7375	10.66	1.75	12.41
13	$0.5 h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0.45625	1.825	10.66	1.75	12.41
14	$0.75 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0.684375	0.9125	10.66	1.75	12.41
15	$h_{\text{нас}}$	0.9125	0	10.66	1.75	12.41
16	$0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0	2.7375	8.16	2.72	10.88
17	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0.228125	1.825	8.16	2.72	10.88
18	$0.5 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0.45625	0.9125	8.16	2.72	10.88
19	$0.75 h_{\text{нас}}$	0.684375	0	8.16	2.72	10.88
20	$0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0	1.825	6	4.02	10.02
21	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0.228125	0.9125	6	4.02	10.02
22	$0.5 h_{\text{нас}}$	0.45625	0	6	4.02	10.02
23	$0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0	0.9125	4.16	5.66	9.82
24	$0.25 h_{\text{нас}}$	0.228125	0	4.16	5.66	9.82

Площадь поперечного профиля (S) в расчётном сечении i определена при помощи САПР AutoCAD.

На основе представленных в таблице 3.11 данных произведён анализ объёмов земляных работ при различных вариантах обеспечения однородности земляного полотна (рисунок 3.13). По оси абсцисс откладываем смещения в плане ($\Delta_{\text{нас}}$), по оси ординат – в профиле ($h_{\text{нас}}$). Для удобства восприятия точки в таблице 3.11 и на рисунке 3.13 градуированы по цвету: от максимального значения площади (S) – красного – к минимальному – фиолетовому.



Рисунок 3.13 - Анализ объёмов земляных работ при различных вариантах обеспечения однородности земляного полотна

Из рассмотренных вариантов решений были исключены варианты, неудовлетворяющие условию однородности основной площадки, (варианты 16-24, таблица 3.12) и выделены варианты с минимальной величиной площади (варианты 11-15, таблица 3.13).

Таблица 3.12 - Варианты решений, неудовлетворяющие условию однородности основной площадки

№	Вариант
16	$0.75 \Delta_{\text{нас}}$
17	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$
18	$0.5 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$
19	$0.75 h_{\text{нас}}$
20	$0.5 \Delta_{\text{нас}}$
21	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$
22	$0.5 h_{\text{нас}}$
23	$0.25 \Delta_{\text{нас}}$
24	$0.25 h_{\text{нас}}$

Таблица 3.13 - Варианты решений смещения оси трассы в продольном профиле и плане с минимальной площадью поперечного профиля в сечении i .

№	Вариант
11	$\Delta_{\text{нас}}$
12	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$
13	$0.5 h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$
14	$0.75 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$
15	$h_{\text{нас}}$

На рисунке 3.14 варианты с минимальной величиной площади (12.41 м^2), удовлетворяющие условию однородности, выделены зелёной линией.

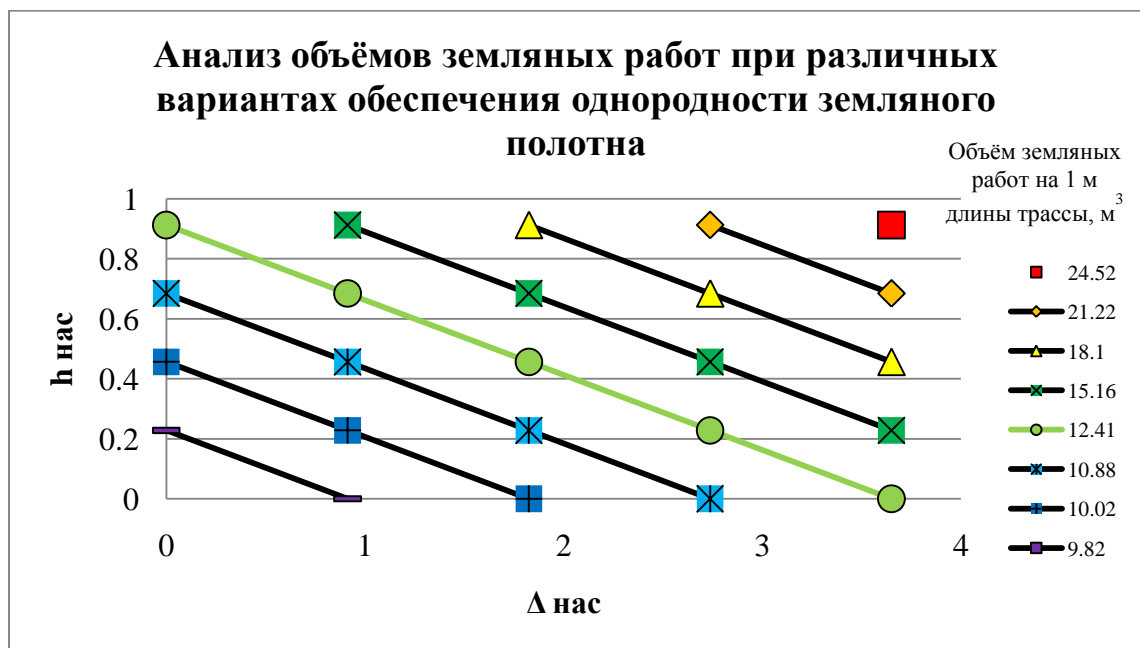


Рисунок 3.14 - Анализ объёмов земляных работ при различных вариантах обеспечения однородности земляного полотна. Зелёная линия - варианты с оптимальным решением (12.41).

Увеличение количества рассматриваемых вариантов возможных сочетаний смещений оси трассы в плане и профиле до 80 (таблица 3.14) не даёт новых результатов (рисунок 3.15).

Таблица 3.14 - Варианты решений для смещения оси трассы в насыпь

№ П/П	Вариант решения	$h_{\text{нас}}$, М	$\Delta_{\text{нас}}$, М	S , м ²
1	$h_{\text{нас}} + \Delta_{\text{нас}}$	0,9125	3,65	24,52
2	$0.875 h_{\text{нас}} + \Delta_{\text{нас}}$	0,798438	3,65	22,85
3	$h_{\text{нас}} + 0.875 \Delta_{\text{нас}}$	0,9125	3,19375	22,85
4	$0.75 h_{\text{нас}} + \Delta_{\text{нас}}$	0,684375	3,65	21,22
5	$0.875 h_{\text{нас}} + 0.875 \Delta_{\text{нас}}$	0,798438	3,19375	21,22
6	$h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0,9125	2,7375	21,22
7	$0.625 h_{\text{нас}} + \Delta_{\text{нас}}$	0,570313	3,65	19,64
8	$0.75 h_{\text{нас}} + 0.875 \Delta_{\text{нас}}$	0,684375	3,19375	19,63
9	$0.875 h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0,798438	2,7375	19,64
10	$h_{\text{нас}} + 0.625 \Delta_{\text{нас}}$	0,9125	2,28125	19,64
11	$0.5 h_{\text{нас}} + \Delta_{\text{нас}}$	0,45625	3,65	18,1
12	$0.625 h_{\text{нас}} + 0.875 \Delta_{\text{нас}}$	0,570313	3,19375	18,1
13	$0.75 h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0,684375	2,7375	18,1
14	$0.875 h_{\text{нас}} + 0.625 \Delta_{\text{нас}}$	0,798438	2,28125	18,1
15	$h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0,9125	1,825	18,1
16	$0.875 h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0,798438	1,825	16,61
17	$0.375 h_{\text{нас}} + \Delta_{\text{нас}}$	0,342188	3,65	16,61
18	$0.5 h_{\text{нас}} + 0.875 \Delta_{\text{нас}}$	0,45625	3,19375	16,61
19	$0.625 h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0,570313	2,7375	16,61
20	$0.75 h_{\text{нас}} + 0.625 \Delta_{\text{нас}}$	0,684375	2,28125	16,61
21	$h_{\text{нас}} + 0.375 \Delta_{\text{нас}}$	0,9125	1,36875	16,61
22	$0.25 h_{\text{нас}} + \Delta_{\text{нас}}$	0,228125	3,65	15,16
23	$0.375 h_{\text{нас}} + 0.875 \Delta_{\text{нас}}$	0,342188	3,19375	15,16
24	$0.5 h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0,45625	2,7375	15,16
25	$0.625 h_{\text{нас}} + 0.625 \Delta_{\text{нас}}$	0,570313	2,28125	15,16
26	$0.75 h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0,684375	1,825	15,16
27	$0.875 h_{\text{нас}} + 0.375 \Delta_{\text{нас}}$	0,798438	1,36875	15,16
28	$h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0,9125	0,9125	15,16
29	$0.125 h_{\text{нас}} + \Delta_{\text{нас}}$	0,114063	3,65	13,76
30	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.875 \Delta_{\text{нас}}$	0,228125	3,19375	13,76
31	$0.375 h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0,342188	2,7375	13,76
32	$0.5 h_{\text{нас}} + 0.625 \Delta_{\text{нас}}$	0,45625	2,28125	13,76
33	$0.625 h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0,570313	1,825	13,76
34	$0.75 h_{\text{нас}} + 0.375 \Delta_{\text{нас}}$	0,684375	1,36875	13,76
35	$0.875 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0,798438	0,9125	13,76
36	$h_{\text{нас}} + 0.125 \Delta_{\text{нас}}$	0,9125	0,45625	13,76
37	$\Delta_{\text{нас}}$	0	3,65	12,41
38	$0.125 h_{\text{нас}} + 0.875 \Delta_{\text{нас}}$	0,114063	3,19375	12,41
39	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0,228125	2,7375	12,41

№ П/П	Вариант решения	$h_{\text{нас}}, \text{ м}$	$\Delta_{\text{нас}}, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$
40	$0.375 h_{\text{нас}} + 0.625 \Delta_{\text{нас}}$	0,342188	2,28125	12,41
41	$0.5 h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0,45625	1,825	12,41
42	$0.625 h_{\text{нас}} + 0.375 \Delta_{\text{нас}}$	0,570313	1,36875	12,41
43	$0.75 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0,684375	0,9125	12,41
44	$0.875 h_{\text{нас}} + 0.125 \Delta_{\text{нас}}$	0,798438	0,45625	12,41
45	$h_{\text{нас}}$	0,9125	0	12,41
46	$0.875 \Delta_{\text{нас}}$	0	3,19375	11,56
47	$0.125 h_{\text{нас}} + 0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0,114063	2,7375	11,56
48	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.625 \Delta_{\text{нас}}$	0,228125	2,28125	11,56
49	$0.375 h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0,342188	1,825	11,56
50	$0.5 h_{\text{нас}} + 0.375 \Delta_{\text{нас}}$	0,45625	1,36875	11,56
51	$0.625 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0,570313	0,9125	11,56
52	$0.75 h_{\text{нас}} + 0.125 \Delta_{\text{нас}}$	0,684375	0,45625	11,56
53	$0.875 h_{\text{нас}}$	0,798438	0	11,56
54	$0.75 \Delta_{\text{нас}}$	0	2,7375	10,88
55	$0.125 h_{\text{нас}} + 0.625 \Delta_{\text{нас}}$	0,114063	2,28125	10,88
56	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0,228125	1,825	10,88
57	$0.375 h_{\text{нас}} + 0.375 \Delta_{\text{нас}}$	0,342188	1,36875	10,88
58	$0.5 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0,45625	0,9125	10,88
59	$0.625 h_{\text{нас}} + 0.125 \Delta_{\text{нас}}$	0,570313	0,45625	10,88
60	$0.75 h_{\text{нас}}$	0,684375	0	10,88
61	$0.625 \Delta_{\text{нас}}$	0	2,28125	10,37
62	$0.125 h_{\text{нас}} + 0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0,114063	1,825	10,37
63	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.375 \Delta_{\text{нас}}$	0,228125	1,36875	10,37
64	$0.375 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0,342188	0,9125	10,37
65	$0.5 h_{\text{нас}} + 0.125 \Delta_{\text{нас}}$	0,45625	0,45625	10,37
66	$0.625 h_{\text{нас}}$	0,570313	0	10,37
67	$0.5 \Delta_{\text{нас}}$	0	1,825	10,02
68	$0.125 h_{\text{нас}} + 0.375 \Delta_{\text{нас}}$	0,114063	1,36875	10,02
69	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0,228125	0,9125	10,02
70	$0.375 h_{\text{нас}} + 0.125 \Delta_{\text{нас}}$	0,342188	0,45625	10,02
71	$0.5 h_{\text{нас}}$	0,45625	0	10,02
72	$0.125 \Delta_{\text{нас}}$	0	0,45625	9,97
73	$0.125 h_{\text{нас}}$	0,114063	0	9,97
74	$0.375 \Delta_{\text{нас}}$	0	1,36875	9,84
75	$0.125 h_{\text{нас}} + 0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0,114063	0,9125	9,84
76	$0.25 h_{\text{нас}} + 0.125 \Delta_{\text{нас}}$	0,228125	0,45625	9,84
77	$0.375 h_{\text{нас}}$	0,342188	0	9,84
78	$0.25 \Delta_{\text{нас}}$	0	0,9125	9,82
79	$0.125 h_{\text{нас}} + 0.125 \Delta_{\text{нас}}$	0,114063	0,45625	9,82

№ п/п	Вариант решения	$h_{\text{нас}}, \text{ м}$	$\Delta_{\text{нас}}, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$
80	$0.25 h_{\text{нас}}$	0,228125	0	9,82

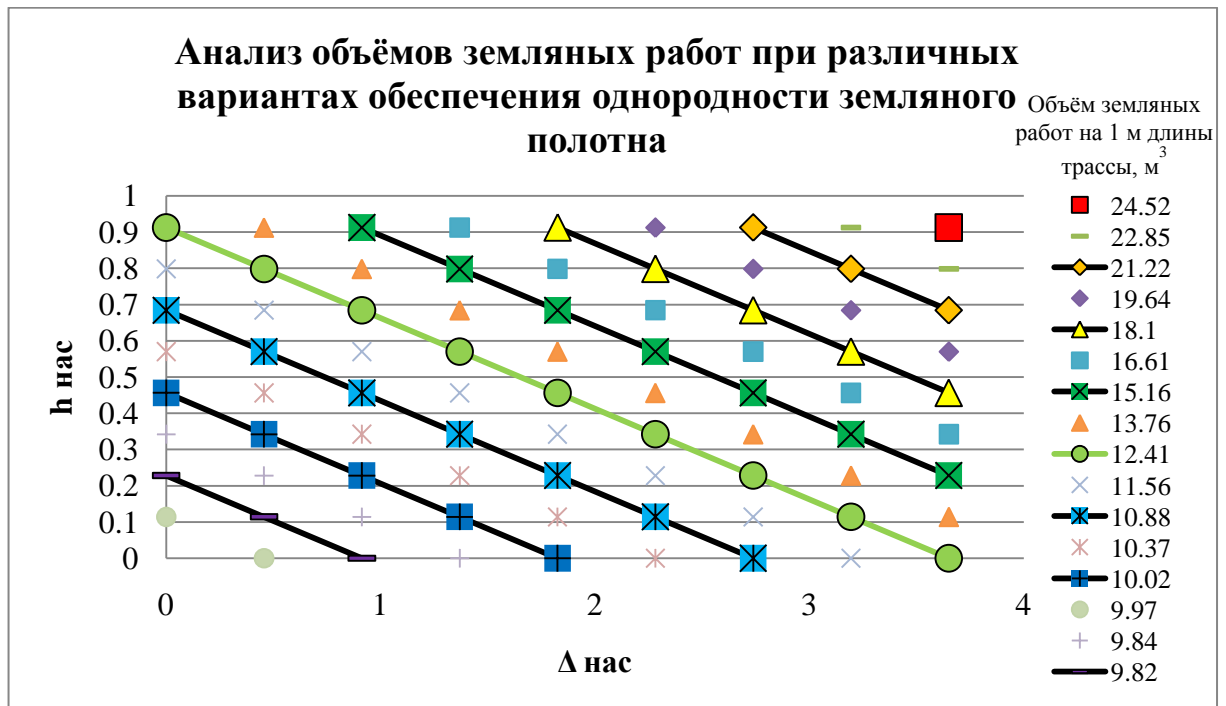


Рисунок 3.15 - Анализ объёмов земляных работ при различных вариантах обеспечения однородности земляного полотна. Зелёная линия - варианты с оптимальным решением (12.41)

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- 1) оптимальное решение смещения оси трассы – это решение с одновременным смещением оси трассы в продольном профиле и плане;
- 2) из 24-х рассмотренных вариантов 9 вариантов не удовлетворяют условию однородности;
- 3) из оставшихся 15-ти вариантов 5 вариантов имеют минимальную площадь поперечного профиля в сечении i ;
- 4) все 5 вариантов имеют одинаковую площадь поперечного профиля в расчётном сечении i ;
- 5) оптимальные решения смещения оси трассы в продольном профиле и плане находятся на кривой, которую можно описать уравнением:

$$y = -\frac{h_{\text{нас}}}{\Delta_{\text{нас}}}x + h_{\text{нас}}, \quad (3.7)$$

где $h_{\text{нас}}$ – смещение оси трассы в продольном профиле в насыпь,

$\Delta_{\text{нас}}$ – смещение оси трассы в плане в насыпь,

y – возможные смещения в профиле (от 0 до $h_{\text{нас}}$),

x – возможные смещения в плане (от 0 до $\Delta_{\text{нас}}$).

Аналогично при смещении в выемку:

$$y = -\frac{h_{\text{выем}}}{\Delta_{\text{выем}}}x + h_{\text{выем}}, \quad (3.8)$$

где $h_{\text{выем}}$ – смещение оси трассы в продольном профиле в выемку,

$\Delta_{\text{выем}}$ – смещение оси трассы в плане в выемку,

y – возможные смещения в профиле (от 0 до $h_{\text{выем}}$),

x – возможные смещения в плане (от 0 до $\Delta_{\text{выем}}$).

Уравнения 3.7 и 3.8 описывают границы пространственного коридора рациональных вариантов смещения оси трассы для обеспечения однородности основной площадки земляного полотна.

Таким образом, в разделе 3.4 были произведены вариантные расчёты по поиску оптимального решения при смещении оси трассы на косогорных участках для выполнения требований по обеспечению однородности основной площадки земляного полотна в районах с высокой сейсмичностью и получены выводы по рациональному смещению оси трассы – это решение с одновременным смещением оси трассы в продольном профиле и плане, а также, что оптимальные решения смещения оси трассы в продольном профиле и плане находятся в линейной зависимости, которую можно описать уравнениями 3.7 и 3.8.

3.5 Алгоритм технологии укладки трассы железной дороги в условиях высокой сейсмичности

Для укладки трассы железнодорожных линий должны использоваться рациональные и наиболее эффективные методы проектирования трассы, реализация которых помогла бы сэкономить время, обеспечивая при этом соблюдение требований правил и норм проектирования.

Далее изложена предлагаемая автором технология укладки трассы железнодорожной линии на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности.

В основу положен анализ плана и продольного профиля трассы с использованием поперечных сечений на каждом пикете и в характерных точках линии. Это позволяет не только обеспечить однородность основной площадки при укладке трассы, но и выявить наиболее рациональное решение по положению проектной линии, типу и конструкции земляного полотна в данном сечении. Для определения критерия при выборе оптимального решения предлагается использовать координатную модель поперечного профиля. На рисунке 3.16 приведена блок-схема алгоритма решения задачи.

В блоке 1 «**Определение исходных данных**» должны быть заданы основные характеристики линии, определяющие общую для железной дороги (участка) информацию: категорию линии, число главных путей, вид грунта, используемого для отсыпки насыпей, а также инженерно-геологическую характеристику основания. Эти данные определяют геометрические размеры земляного полотна (ширину основной площадки и крутизну откосов).

В блоке 2 «**Локализация косогорных участков**» производится отбор участков на основе анализа исходных данных, в частности рельефа района проектирования (крутизны косогора и уклона земли в продольном направлении). Отбираются участки с поперечным профилем в виде полунасыпи-полувыемки.

Предлагаемая методика предназначена для участков линии с крутизной косогора от 1:10 до 1:3 с грунтами I, II, III группы по сейсмическим свойствам с благоприятными физико-геологическими процессами (отсутствуют оползни, осыпи, обвалы, курумы и т.д.).

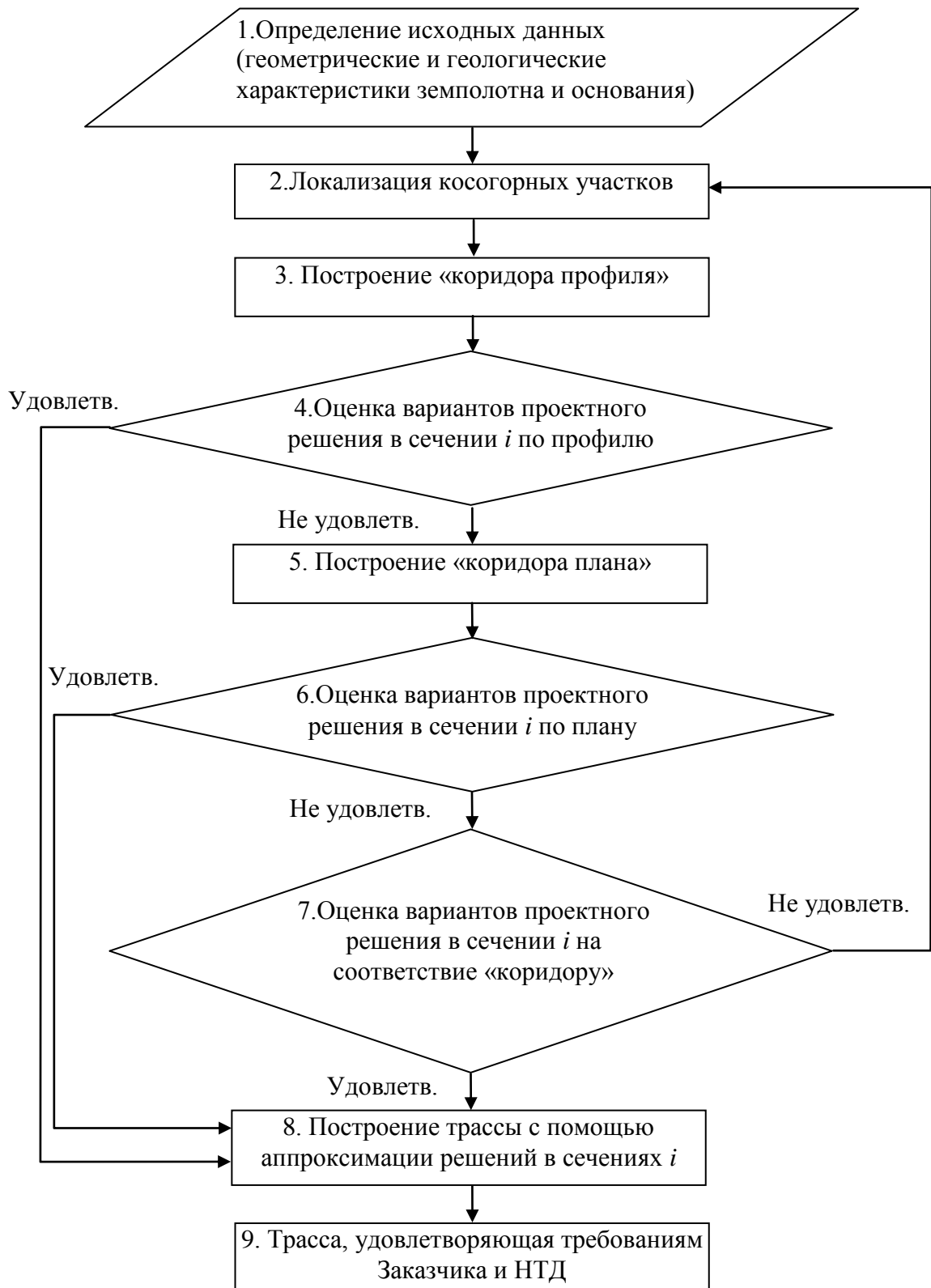


Рисунок 3.16 - Блок-схема алгоритма укладки трассы железной дороги в условиях высокой сейсмичности: сечение i – расчётное сечение

При установленных границах коридора (рисунок 3.17) участки с полунасыпью-полувыемкой определяются точками пересечения проектной линии с границами коридора.

Границы участков с полунасыпью-полувыемкой можно также определить расчетом. Для этого сначала необходимо выделить нулевые места на продольном профиле трассы (центр искомых участков), а затем, на основе данных о местности и трассе (рисунок 3.23), определить границы этих участков по формуле

$$l = \frac{1000 \cdot B}{k \cdot |i - i_m|},$$

где l – искомая длина, определяющая положения характерных точек на продольном профиле трассы; i – уклон проектной линии в нулевом месте; i_m – продольный уклон земли в нулевом месте; k – заложение откоса косогора; B – ширина основной площадки земляного полотна.

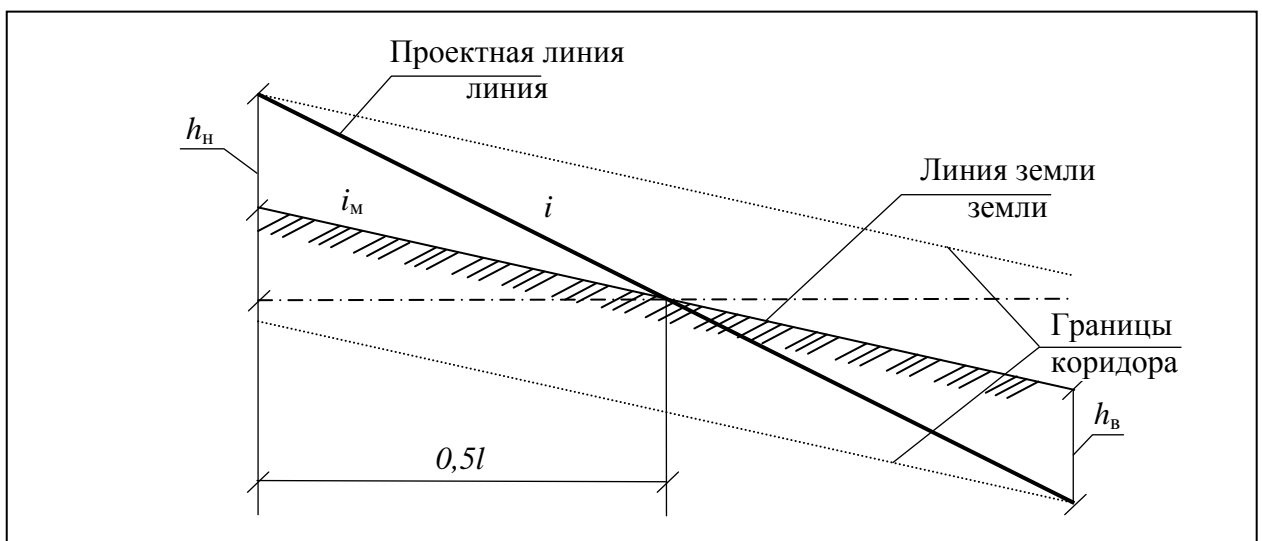


Рисунок 3.17 - К расчету длины косогорного участка с полунасыпью-полувыемкой

В блоке 3 «Построение коридора профиля» на основе ранее представленных формул (3.1), (3.3) и (3.4) осуществляется построение «коридора профиля» по выделенным участкам.

В блоке 4 «Оценка вариантов проектных решений в сечении i по профилю» производится анализ возможных проектных решений по

применению их в проекте: поднять/опустить проектную линию, повысить/понизить величину уклона проектной линии с учётом минимальных рабочих отметок в местах размещения водопропускных сооружений, по снегозаносимости, с учётом тяговых характеристик подвижного состава в соответствии с техническим заданием и т. д.

В случае невозможности удовлетворения выбранного варианта по результатам анализа поставленным условиям на основе формул (3.2), (3.5) и (3.6) осуществляется операция **блока 5 «Построение коридора плана»**.

В **блоке 6 «Оценка вариантов проектных решений в сечении i по плану»** производится анализ возможных проектных решений: смещение плана трассы вправо/влево по ходу увеличения пикетажа, увеличение/уменьшение радиусов кривых, укладка смежных кривых с учётом условий местности, локальных препятствий, барьерных мест, эксплуатационных характеристик будущей линии и т.д.

В случае невозможности реализации возможных вариантов проектных решений поставленным условиям в **блоке 7 «Оценка вариантов проектных решений в сечении i на соответствие пространственному коридору»** производится анализ вариантов проектных решений, соответствующих уравнениям 3.7 и 3.8.

Если по результатам анализа выбранные варианты не удовлетворяют поставленным условиям, то происходит возвращение к **блоку 2**, описанному ранее.

Но если в результате операций **блоков 5, 6** или **7** были получены положительные результаты, то происходит переход к **блоку 8 «Построение трассы методом аппроксимации проектных решений в сечении i »** и **блоку 9 «Трасса, удовлетворяющая требованиям Заказчика, нормативной и технической документации (НТД)»**, в которых при сборе всех удовлетворяющих проектных решений методом аппроксимации будет получена трасса железнодорожной линии, удовлетворяющая исходным данным.

Необходимо отметить, что данная методика может использоваться как при начальной стадии проектирования (проект), когда по намеченному положению трассы в плане необходимо уложить проектную линию в продольном профиле, так и на стадии корректировки уже уложенной проектной линии и плана – разработке рабочих чертежей.

Таким образом, в разделе 3.5 была представлена методика проектирования трассы железнодорожной линии на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности и её алгоритм, которая может быть использована как на стадии проекта новой железнодорожной линии, так и разработке рабочих чертежей.

3.6 Выводы по главе 3

Были получены следующие результаты:

1) проанализированы факторы, влияющие на проектирование трассы железной дороги, и сделан вывод о том, что оценка по технико-экономическим показателям вариантов трассы необходима уже при её укладке, так как это позволяет выявить конкурентноспособные варианты для последующего трассирования дороги и детального их сравнения и выбора окончательного варианта трассы;

2) разработана Классификация косогорных участков, по виду грунтов, геометрическим параметрам конструкции земляного полотна и категориям по сейсмическим свойствам, представленная в виде таблицы. Эта таблица позволяет произвести анализ зависимости величины капиталовложений в строительство земляного полотна железнодорожной линий от какого-либо внешнего фактора (например, крутизны косогора);

3) рассмотрен способ выполнения одного из требований норм проектирования по защите земляного полотна железной дороги от сейсмического воздействия – устройство однородной площадки земляного

полотна – за счёт корректировки её положения в плане или продольном профиле при укладке трассы, получены формулы минимальных высоты насыпей (h_n) и глубины выемок (h_v), величины необходимых сдвигов трассы для насыпи и выемки в плане для вновь укладываемой трассы и трассы на этапе разработки рабочей документации;

4) проведено исследование зависимости стоимости производства земляных работ от крутизны косогора при различных видах грунтов в соответствии с классификацией косогорных участков, по виду грунтов, геометрическим параметрам конструкции земляного полотна и категориям по сейсмическим свойствам (см. таблица 3.3) на основе координатной модели поперечного профиля земляного полотна железнодорожной линии и получены результаты по рациональным решениям для участков трассы с различными уклонами косогора при различных видах грунтов;

5) произведены вариантные расчёты по поиску оптимального решения при смещении оси трассы на косогорных участках для обеспечения однородности основной площадки земляного полотна в районах с высокой сейсмичностью и получены выводы о том, что оптимальное решение смещения оси трассы – это решение с одновременным смещением оси трассы в продольном профиле и плане, они находятся в линейной зависимости, которую можно описать уравнениями 3.7 и 3.8;

6) представлена методика проектирования трассы железнодорожной линии на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности и её алгоритм, которая может быть использована как на стадии проекта новой железнодорожной линии, так и разработке рабочих чертежей;

7) укладка проектной линии или корректировка уже уложенной проектной линии и плана с применением методики, изложенной в разделе 3.5, может быть произведена с использованием метода аппроксимации.

Предложенная методика может быть автоматизирована и применена в программных продуктах специальных САПР.

4 ПРИМЕР УКЛАДКИ ТРАССЫ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ С УЧЁТОМ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

4.1 Характеристика проекта трассы новой железнодорожной линии «Кызыл-Курагино»

В 1976-1982 гг. проектно-изыскательским институтом «Сибгипротранс» (г. Новосибирск) были проведены инженерные изыскания и разработано технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства железной дороги в Тыву.

По результату ТЭО институтом «Томгипротранс» был разработан проект.

До 2004 года проект был заморожен ввиду значительных затрат и высокой технологической сложности реализации проекта [93].

С 2006 по 2012 гг. строительство железной дороги практически не велось.

Однако на сегодняшний день все трудности с финансовой частью пройдены и намечена активная реализация проекта. С 2019 года планируется возобновить строительные работы, а с 2023 года - начать вывоз грузов по железной дороге.

Проект предполагает строительство новой железнодорожной линии протяженностью 411,7 км [45], которая свяжет станцию Курагино в Красноярском крае со столицей Тувы Кызылом, а также с угольным месторождением Элегест и в перспективе – с Межегейским угольным, АкСугским медно-порфировым и Тарданским золоторудным месторождениями, а также Кызыл-Таштыгским месторождением полиметаллических руд. Для этого, в соответствии с государственной программой «Развитие транспортной системы РФ» на 2018–2021 годы, будут существенно расширены мощности уже существующей железнодорожной инфраструктуры общего пользования на участке Междуреченск-Тайшет

Красноярской железной дороги, а также построен угольный терминал в порту Ванино на Дальнем Востоке [29]. Также имеется перспектива продолжения проекта железной дороги через Монголию в Китай (Урумчи), а оттуда в Пакистан и Индию [93], [46].

В июне 2016 года представители России, Монголии и Китая утвердили программу создания экономического коридора трех стран. В нее вошли два проекта железнодорожных коридоров: Западного (Курагино – Кызыл – Цаган-Толгой – Урумчи) и Северного (Курагино – Кызыл – Цаган-Толгой – Эрдэнэт – Пекин – Тяньцзинь). В Монголии уже начали строить железную дорогу, которая может быть состыкована с тувинской, – это линия протяженностью 547 км между Эрдэнэтом и Овоотом [103]. В будущем Тува может превратиться из тупикового региона в республику с вполне благоприятным транспортно-географическим положением.

По прогнозам к 2025 году объем перевозок угля по линии Кызыл – Курагино превысит 12 млн. тонн, а к 2030 году достигнет 17 млн. тон [104].

Основные показатели железнодорожной линии «Кызыл-Курагино» представлены в таблице 4.1⁵.

⁵ Данные по проекту были взяты из Пояснительной записки к проекту новой железнодорожной линии «Кызыл-Курагино» «Томгипротранс».

Таблица 4.1 – Основные показатели железнодорожной линии «Кызыл-Курагино»

№ п/п	Наименование показателей	Показатель
1	Категория дороги (по СТН Ц-01-95, СП 237.1326000.2015)	III
2	Руководящий уклон / уклон кратной тяги, ‰	9.0/18.5
3	Минимальный радиус кривых в плане, м	300
4	Род тяги и тип локомотива	тепловозная 2ТЭ70
5	Полезная длина приемо-отправочных путей, м	1050
6	Характеристики железнодорожного пути (по СП 238.1326000.2015): Ширина земляного полотна, м: - в обыкновенных грунтах - в скальных грунтах Тип рельсов Балласт: - гравийно-песчаный, см - щебеночный на песчаной подушке с толщиной под шпалой, см	7,3 6,3 Р65 40 30/20
7	Весовая норма грузовых поездов в обоих направлениях, т	6000
8	Размеры перевозок в грузовом направлении (Кызыл – Курагино), млн. т: - в грузовом направлении на 1-й год эксплуатации; - в грузовом направлении на 2-й и последующие; - в негрузовом направлении	8.0 12.0 3,0

Трасса расположена в сложных природных условиях:

- 1) резко континентальный климат с суровой продолжительной зимой (с октября по март) и непродолжительным летом, суточные колебания температур от 10 до 20⁰С;
- 2) трудные топографические условия Саянской горной области, характеризующиеся различными типами и формами рельефа; сложное инженерно – геологическое строение региона;
- 3) территория района проектирования относится к району повышенной сейсмичности; сейсмическая активность предполагается до 8-10 баллов.

Стоит также отметить, что помимо сложных условий изысканий, проектирования и строительства железной дороги проект отличается наличием историко-археологических памятников, национальных парков и заповедных территорий, которые могут сдерживать строительство и требуют пристального внимания при реализации проекта.

Таким образом, в разделе 4.1 были рассмотрены характеристики и условия проектирования участка трассы новой железнодорожной линии «Кызыл-Курагино», на основе которых в дальнейшем апробирована методика проектирования трассы железнодорожной линии на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности.

4.2 Применение технологии проектирования трассы железнодорожной линии на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности

Апробация предлагаемой технологии была проведена на примере проекта участка новой железнодорожной линии «Кызыл – Курагино», расположенной между Красноярским краем и Элегестским угольным месторождением республики Тыва (рисунок 4.1).

При исследовании был рассмотрен участок трассы между разъездом Куртушибинским и станцией Аржаан протяжённостью 21 км.

Участок характеризуется наличием Куртушибинского тоннеля, разъезда Чинжаш, наличие объектов культурного наследия – Долины царей, затяжных спусков общей протяжённостью 13 км при руководящем уклоне кратной тяги 18.5 ‰.



Рисунок 4.1 - Схема железнодорожной линии «Кызыл – Курагино» [124]

Технические параметры (исходные данные, блок 1, см. рисунок 3.22) были ранее представлены в разделе 4.1.

При анализе трассы были выявлены косогорные участки (блок 2, см. рисунок 3.22), на которых поперечный профиль трассы имеет вид полунасыпи-полувыемки. Всего таких участков 29. Их суммарная протяжённость составляет 711 м, что составляет порядка 3,4 % от общей длины рассматриваемого участка.

Пример расчёта границ коридора профиля по формулам (3.1), (3.3) и (3.4), его построение на выделенных участках (блок 3, см. рисунок 3.22) и оценка вариантов проектных решений в профиле (блок 4, см. рисунок 3.22) представлены на рисунке 4.2.

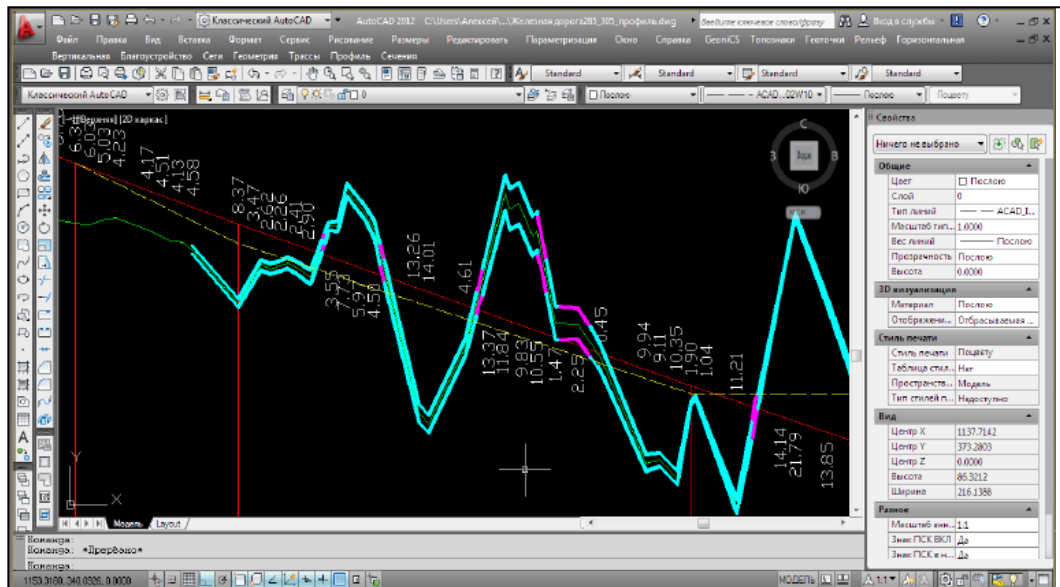


Рисунок 4.2 - Практическое применение метода. Корректировка проектной линии: зелёный цвет – линия земли; красный цвет – проектная линия; жёлтый цвет – откорректированная проектная линия; голубой цвет – коридор профиля; фиолетовый – участки полунасыпей-полувыемок

Пример расчёта границ коридора плана по формулам (3.2), (3.5) и (3.6), его построение на выделенных участках (блок 5, см. рисунок 3.22) и оценка вариантов проектных решений в плане (блок 6, см. рисунок 3.22) показаны на рисунке 4.3.

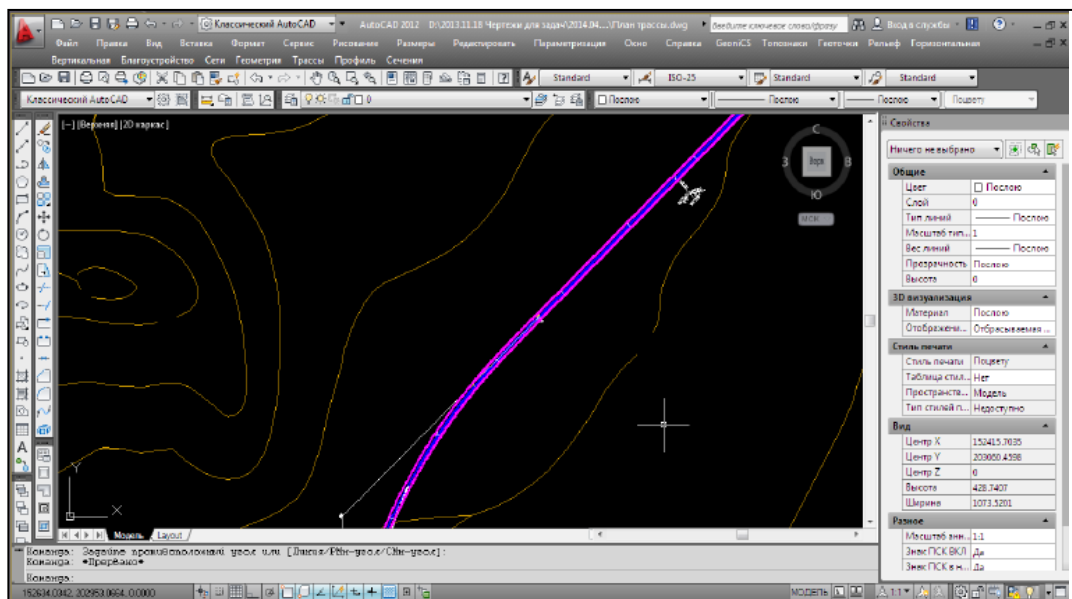


Рисунок 4.3 – Практическое применение метода. Корректировка плана трассы: Жёлтый цвет – горизонтالي высот; синий цвет – линия трассы; фиолетовый цвет – коридор плана

При использовании метода проектирования трассы железнодорожной линии в условиях высокой сейсмичности из 29 выявленных участков на 9-ти была выполнена корректировка трассы в продольном профиле и плане (таблица 4.2). Ввиду удалённости участков друг от друга применение метода аппроксимации (блок 8, см. рисунок 3.22) не потребовалось.

Таблица 4.2 - Характеристики трассы до и после применения метода

№ п/п	Показатели	До корректировки	После корректировки
1	Длина рассматриваемого участка	21 км	21,1 км
2	Количество косогорных участков с полунасыпями-полувыемками	29	20
3	Суммарная протяжённость косогорных участков с полунасыпями-полувыемками (% от длины рассматриваемого участка)	711 м (~4%)	370 м (~2%)

Таким образом, в разделе 4.2 было рассмотрено применение методики проектирования трассы железнодорожной линии на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности на участке проектируемой железнодорожной линии Кызыл-Курагино между разъездом Куртушибинским и станцией Аржаан. В результате с 29 до 20 было сокращено количество косогорных участков с полунасыпями-полувыемками. До 2% сокращена суммарная протяжённость косогорных участков с полунасыпями-полувыемками. Их протяжённость уменьшилась примерно в 2 раза (см. таблица 4.2).

4.3 Эффективность решений в проектах железных дорог с учётом вероятности возникновения землетрясений

Строительство грузовых железнодорожных линий в современных условиях и в перспективе во многих случаях осуществляется в районах с высокой сейсмичностью.

Нормативные документы [108] предусматривают при этом в конструкциях постоянных устройств специальные мероприятия по защите их от землетрясений. Например, в районах с расчётной сейсмичностью 9 баллов необходимо уполаживать откосы земляного полотна; основная площадка должна быть однородной; заменять на более сильные слабые грунты или производить их цементацию; возводить защитные скально-обвальные сооружения и подпорные стенки на косогорах круче 1:2.

Очевидно, что реализация мероприятий по защите от землетрясений приводят к удорожанию строительства железных дорог. В связи с этим возникает необходимость оценить их эффективность [58].

Землетрясение в разных районах имеет вероятностную природу, которая охарактеризована специальным комплексом вероятностных норм, что отражено в картах общего сейсмического районирования ОСР территории Российской Федерации (ОСР-2012).

При выборе проектных решений по железнодорожным устройствам и сооружениям использованы методы принятия решений в условиях неопределённости исходной информации.

Для условий рассматриваемой задачи подходят различные критерии принятия решений с учётом неопределённости. Учитывая одноразовый характер реализации решения, а также наличие вероятностных карт по районам проектирования, наиболее подходящим критерием для принятия решений был принят критерий Байеса:

$$E_0 = \left\{ E_{i_0} \left| E_{i_0} \in E \wedge e_{i_0} = \max_i \sum_{j=1}^n e_{ij} q_j \wedge \sum_{j=1}^n q_j = 1 \right. \right\}$$

где E_0 – множество оптимальных вариантов проектных решений;

E_{i_0} – варианты оптимальных проектных решений, которые принадлежат множеству вариантов E ;

E – множество вариантов проектных решений;

e_{i_0} – оптимальный результат варианта оптимального проектного решения E_{i_0} ;

e_{ij} – результат варианта проектного решения E_i при внешнем состоянии F_j ;

q_j – вероятность появления внешнего состояния F_j .

Единственным фактором неопределённости в данной задаче является факт реализации землетрясения. Возможны два сценария условий эксплуатации линии:

F_I – землетрясение состоялось;

F_{II} – землетрясение не состоялось.

При разработке проекта по постоянным устройствам и сооружениям возможны два проектных решения:

E_1 – без учёта мероприятий по защите от землетрясений;

E_2 – с учётом указанных мероприятий.

Введены обозначения:

K_1 – стоимость строительства сооружений без учёта мероприятий по защите от землетрясений;

K_2 – то же с учётом мероприятий;

ΔK – затраты на восстановление устройств и сооружений после землетрясения в первом решении.

Для участков км 294 – км 296 перегона разъезд Куртушибинский – станция Аржаан и км 298 – км 300 перегона ст. Аржаан – ст. Арзаак проекта строительства новой железнодорожной линии Кызыл-Курагино определена

стоимость строительства сооружений с учётом мероприятий по защите от землетрясений (K_2) и без (K_1).

В качестве мероприятий приняты устройство однородной основной площадки и уположение откосов земляного полотна. Для устройства однородной основной площадки на участке км 298 – км 300 использована методика проектирования линий на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности, представленная ранее в разделе 3.5, а уположение откосов земляного полотна на участке км 294 – км 296 произведено в соответствии с п.7.3.1 свода правил [108]: при высоте насыпей (глубине выемок) более 4 м откосы земляного полотна из нескальных грунтов должны быть положе на 1:0,25 откосов, проектируемых для несейсмических районов.

При расчёте строительной стоимости [71] не учтены некоторые постоянные слагаемые: стоимость устройства верхнего строения пути, стоимость сооружений и устройств, пропорциональных длине линии, стоимость отдельных пунктов, а также стоимость работ по искусственным сооружениям. Это сделано для упрощения процедуры расчёта и сведения к минимуму повторяющихся операций.

Приняты единичные стоимости по сооружению земляного полотна, как и в разделе 3.3 (1 м³ насыпи – 209 рублей, 1 м³ выемки – 120 рублей).

В результате произведённых операций получены матрицы строительных расходов, представленные в таблицах 4.3 – 4.4.

Таблица 4.3 - Матрица строительных расходов (общий вид)

№ проектного решения	Вариант эксплуатационных условий	
	F_I	F_{II}
E_1	K_1	$K_1 + \Delta K$
E_2	K_2	K_2

Показатели общего критерия принятия решений в условиях неопределённости Байеса:

$$\begin{cases} \mathcal{E}_1 = K_1 \cdot P_I + (K_1 + \Delta K)(1 - P_I) \\ \mathcal{E}_2 = K_2 \cdot P_I + K_2(1 - P_I) \end{cases}$$

или

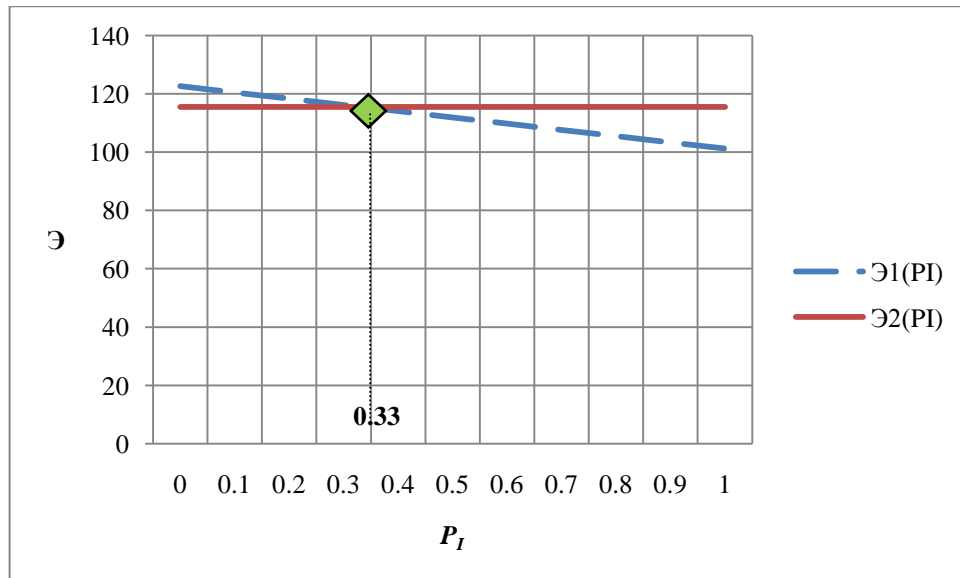
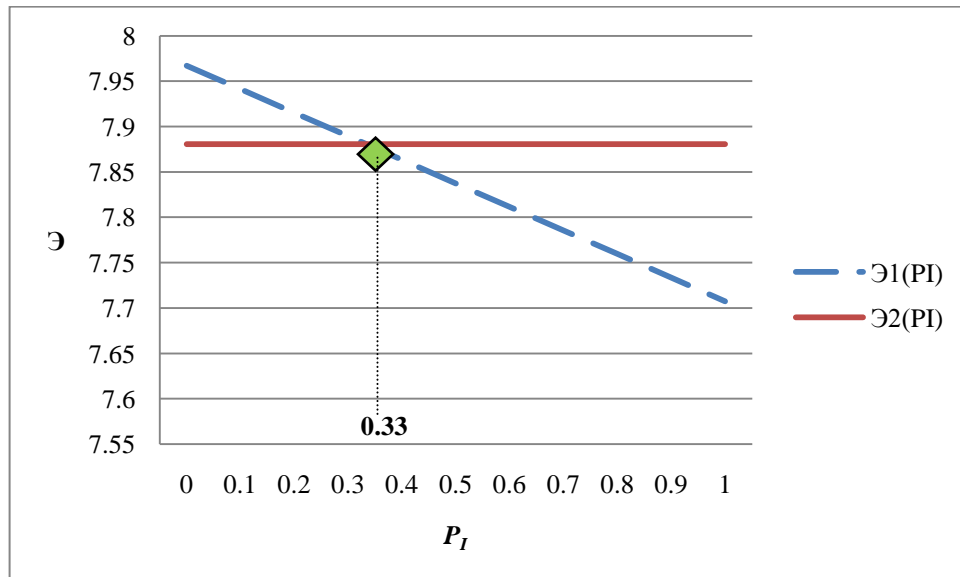
$$\begin{cases} \mathcal{E}_1 = (K_1 + \Delta K) - \Delta K P_I \\ \mathcal{E}_2 = K_2 \end{cases},$$

где P_I – вероятность факта реализации землетрясения.

Таблица 4.4 - Матрица строительных расходов (проект Кызыл-Курагино)

№ проектного решения	Вариант эксплуатационных условий	
	F_I	F_{II}
участок км 294 – км 296		
E_1	101.18	122.59
E_2	115.46	115.46
участок км 298 – км 300		
E_1	7.71	7.97
E_2	7.88	7.88

По графикам зависимостей $\mathcal{E}_1(P_I)$ и $\mathcal{E}_2(P_I)$, представленным на рисунках 4.4 и 4.5, видно, что при вероятности землетрясений менее 33.3% бóльшим эффектом обладает решение строительства сооружений без учёта мероприятий по защите от землетрясений, однако при вероятности более 33.3% эффективнее становится решение о строительстве с учётом мероприятий по защите.

Рисунок 4.4 - График зависимостей $\mathcal{E}_1(P_I)$ и $\mathcal{E}_2(P_I)$ участок км 294 – км 296Рисунок 4.5 - График зависимостей $\mathcal{E}_1(P_I)$ и $\mathcal{E}_2(P_I)$ участок км 298 – км 300

Таким образом, в разделе 4.3 на примере двух участков железнодорожной линии Кызыл-Курагино была произведена оценка эффективности проектных решений с учётом вероятности возникновения землетрясений. Сформированы матрицы строительных расходов и построены графики зависимостей общего критерия принятий решений в условиях неопределённости Байеса от вероятности землетрясений. Получена критическая точка вероятности землетрясений (33.3%): при низших

значениях вероятности целесообразны решения без мероприятий по защите от землетрясений, при больших – с учётом данных мероприятий.

4.4 Рекомендации по построению коридора вариантов смещения в продольном профиле и плане трассы

Для разработки рекомендаций по построению коридора вариантов смещения в продольном профиле и плане трассы выполнены экспериментальные расчёты с использованием ранее полученных формул (3.1 - 3.2), а также выводов раздела 3.3.4 и 3.4 при уклоне косогора от 1:10 до 1:3.

При видах грунта основания группы А (см. таблица 3.2) даны рекомендации с дифференциацией по ширине основной площадки B , представленные в таблицах 4.5 – 4.8.

Таблица 4.5 – Рекомендуемые границы коридоров плана и продольного профиля при $B = 11.7$ м

Заложение откоса косога ра k	Ширина основной площадки B , м	Коридор профиля		Коридор плана		Уравнение оптимальных решений	
		$h_{\text{нас}}$, м	$h_{\text{выем}}$, м	$\Delta_{\text{нас}}$, м	$\Delta_{\text{выем}}$, м	При смещении в насыпь	При смещении в выемку
10	11.7	0.585	-0.585	5.85	-5.85	$y=-0.1x+0.585$	$y=-0.1x-0.585$
9	11.7	0.65	-0.65	5.85	-5.85	$y=-0.111x+0.65$	$y=-0.111x-0.65$
8	11.7	0.731	-0.731	5.85	-5.85	$y=-0.125x+0.731$	$y=-0.125x-0.731$
7	11.7	0.836	-0.836	5.85	-5.85	$y=-0.143x+0.836$	$y=-0.143x-0.836$
6	11.7	0.975	-0.975	5.85	-5.85	$y=-0.167x+0.975$	$y=-0.167x-0.975$
5	11.7	1.17	-1.17	5.85	-5.85	$y=-0.2x+1.17$	$y=-0.2x-1.17$
4	11.7	1.463	-1.463	5.85	-5.85	$y=-0.25x+1.463$	$y=-0.25x-1.463$
3	11.7	1.95	-1.95	5.85	-5.85	$y=-0.333x+1.95$	$y=-0.333x-1.95$

Таблица 4.6 – Рекомендуемые границы коридоров плана и продольного профиля при

$$B = 7.6 \text{ м}$$

Заложение откоса косога ра k	Ширина основной площадки B , м	Коридор профиля		Коридор плана		Уравнение оптимальных решений	
		$h_{\text{нас}}$, м	$h_{\text{выем}}$, м	$\Delta_{\text{нас}}$, м	$\Delta_{\text{выем}}$, м	При смещении в насыпь	При смещении в выемку
10	7.6	0.38	-0.38	3.8	-3.8	$y = -0.1x + 0.38$	$y = -0.1x - 0.38$
9	7.6	0.422	-0.422	3.8	-3.8	$y = -0.111x + 0.422$	$y = -0.111x - 0.422$
8	7.6	0.475	-0.475	3.8	-3.8	$y = -0.125x + 0.475$	$y = -0.125x - 0.475$
7	7.6	0.543	-0.543	3.8	-3.8	$y = -0.143x + 0.543$	$y = -0.143x - 0.543$
6	7.6	0.633	-0.633	3.8	-3.8	$y = -0.167x + 0.633$	$y = -0.167x - 0.633$
5	7.6	0.76	-0.76	3.8	-3.8	$y = -0.2x + 0.76$	$y = -0.2x - 0.76$
4	7.6	0.95	-0.95	3.8	-3.8	$y = -0.25x + 0.95$	$y = -0.25x - 0.95$
3	7.6	1.267	-1.267	3.8	-3.8	$y = -0.333x + 1.267$	$y = -0.333x - 1.267$

Таблица 4.7 – Рекомендуемые границы коридоров плана и продольного профиля при

$$B = 7.3 \text{ м}$$

Заложение откоса косога ра k	Ширина основной площадки B , м	Коридор профиля		Коридор плана		Уравнение оптимальных решений	
		$h_{\text{нас}}$, м	$h_{\text{выем}}$, м	$\Delta_{\text{нас}}$, м	$\Delta_{\text{выем}}$, м	При смещении в насыпь	При смещении в выемку
10	7.3	0.365	-0.365	3.65	-3.65	$y = -0.1x + 0.365$	$y = -0.1x - 0.365$
9	7.3	0.406	-0.406	3.65	-3.65	$y = -0.111x + 0.406$	$y = -0.111x - 0.406$
8	7.3	0.456	-0.456	3.65	-3.65	$y = -0.125x + 0.456$	$y = -0.125x - 0.456$
7	7.3	0.521	-0.521	3.65	-3.65	$y = -0.143x + 0.521$	$y = -0.143x - 0.521$
6	7.3	0.608	-0.608	3.65	-3.65	$y = -0.167x + 0.608$	$y = -0.167x - 0.608$
5	7.3	0.73	-0.73	3.65	-3.65	$y = -0.2x + 0.73$	$y = -0.2x - 0.73$
4	7.3	0.913	-0.913	3.65	-3.65	$y = -0.25x + 0.913$	$y = -0.25x - 0.913$
3	7.3	1.217	-1.217	3.65	-3.65	$y = -0.333x + 1.217$	$y = -0.333x - 1.217$

Таблица 4.8 – Рекомендуемые границы коридоров плана и продольного профиля при

$$B = 7.1 \text{ м}$$

Заложение откоса косога ра k	Ширина основной площадки B , м	Коридор профиля		Коридор плана		Уравнение оптимальных решений	
		$h_{\text{нас}}$, м	$h_{\text{выем}}$, м	$\Delta_{\text{нас}}$, м	$\Delta_{\text{выем}}$, м	При смещении в насыпь	При смещении в выемку
10	7.1	0.355	-0.355	3.55	-3.55	$y = -0.1x + 0.355$	$y = -0.1x - 0.355$
9	7.1	0.394	-0.394	3.55	-3.55	$y = -0.111x + 0.394$	$y = -0.111x - 0.394$
8	7.1	0.444	-0.444	3.55	-3.55	$y = -0.125x + 0.444$	$y = -0.125x - 0.444$
7	7.1	0.507	-0.507	3.55	-3.55	$y = -0.143x + 0.507$	$y = -0.143x - 0.507$
6	7.1	0.592	-0.592	3.55	-3.55	$y = -0.167x + 0.592$	$y = -0.167x - 0.592$

Заложение откоса косога ра k	Ширина основной площадки B , м	Коридор профиля		Коридор плана		Уравнение оптимальных решений	
		$h_{\text{нас}}$, м	$h_{\text{выем}}$, м	$\Delta_{\text{нас}}$, м	$\Delta_{\text{выем}}$, м	При смещении в насыпь	При смещении в выемку
5	7.1	0.71	-0.71	3.55	-3.55	$y=-0.2x+0.71$	$y=-0.2x-0.71$
4	7.1	0.888	-0.888	3.55	-3.55	$y=-0.25x+0.888$	$y=-0.25x-0.888$
3	7.1	1.183	-1.183	3.55	-3.55	$y=-0.333x+1.183$	$y=-0.333x-1.183$

При видах грунта основания группы Б (см. таблица 3.2) даны рекомендации с дифференциацией по ширине основной площадки B , представленные в таблицах 4.9 – 4.12:

Таблица 4.9 – Рекомендуемые границы коридоров плана и продольного профиля при $B = 10.7$ м

Заложение откоса косога ра k	Ширина основной площадки B , м	Коридор профиля		Коридор плана		Уравнение оптимальных решений	
		$h_{\text{нас}}$, м	$h_{\text{выем}}$, м	$\Delta_{\text{нас}}$, м	$\Delta_{\text{выем}}$, м	При смещении в насыпь	При смещении в выемку
10	10.7	0.535	-0.535	5.35	-5.35	$y=-0.1x+0.535$	$y=-0.1x-0.535$
9	10.7	0.594	-0.594	5.35	-5.35	$y=-0.111x+0.594$	$y=-0.111x-0.594$
8	10.7	0.669	-0.669	5.35	-5.35	$y=-0.125x+0.669$	$y=-0.125x-0.669$
7	10.7	0.764	-0.764	5.35	-5.35	$y=-0.143x+0.764$	$y=-0.143x-0.764$
6	10.7	0.892	-0.892	5.35	-5.35	$y=-0.167x+0.892$	$y=-0.167x-0.892$
5	10.7	1.07	-1.07	5.35	-5.35	$y=-0.2x+1.07$	$y=-0.2x-1.07$
4	10.7	1.338	-1.338	5.35	-5.35	$y=-0.25x+1.338$	$y=-0.25x-1.338$
3	10.7	1.783	-1.783	5.35	-5.35	$y=-0.333x+1.783$	$y=-0.333x-1.783$

Таблица 4.10 – Рекомендуемые границы коридоров плана и продольного профиля при $B = 6.6$ м

Заложение откоса косога ра k	Ширина основной площадки B , м	Коридор профиля		Коридор плана		Уравнение оптимальных решений	
		$h_{\text{нас}}$, м	$h_{\text{выем}}$, м	$\Delta_{\text{нас}}$, м	$\Delta_{\text{выем}}$, м	При смещении в насыпь	При смещении в выемку
10	6.6	0.33	-0.33	3.3	-3.3	$y=-0.1x+0.33$	$y=-0.1x-0.33$
9	6.6	0.367	-0.367	3.3	-3.3	$y=-0.111x+0.367$	$y=-0.111x-0.367$
8	6.6	0.413	-0.413	3.3	-3.3	$y=-0.125x+0.413$	$y=-0.125x-0.413$
7	6.6	0.471	-0.471	3.3	-3.3	$y=-0.143x+0.471$	$y=-0.143x-0.471$
6	6.6	0.55	-0.55	3.3	-3.3	$y=-0.167x+0.55$	$y=-0.167x-0.55$
5	6.6	0.66	-0.66	3.3	-3.3	$y=-0.2x+0.66$	$y=-0.2x-0.66$
4	6.6	0.825	-0.825	3.3	-3.3	$y=-0.25x+0.825$	$y=-0.25x-0.825$

Заложение откоса косога ра k	Ширина основной площадки B , м	Коридор профиля		Коридор плана		Уравнение оптимальных решений	
		$h_{\text{нас}}$, м	$h_{\text{выем}}$, м	$\Delta_{\text{нас}}$, м	$\Delta_{\text{выем}}$, м	При смещении в насыпь	При смещении в выемку
3	6.6	1.1	-1.1	3.3	-3.3	$y=-0.333x+1.1$	$y=-0.333x-1.1$

Таблица 4.11 – Рекомендуемые границы коридоров плана и продольного профиля при $B = 6.4$ м

Заложение откоса косога ра k	Ширина основной площадки B , м	Коридор профиля		Коридор плана		Уравнение оптимальных решений	
		$h_{\text{нас}}$, м	$h_{\text{выем}}$, м	$\Delta_{\text{нас}}$, м	$\Delta_{\text{выем}}$, м	При смещении в насыпь	При смещении в выемку
10	6.4	0.32	-0.32	3.2	-3.2	$y=-0.1x+0.32$	$y=-0.1x-0.32$
9	6.4	0.356	-0.356	3.2	-3.2	$y=-0.111x+0.356$	$y=-0.111x-0.356$
8	6.4	0.4	-0.4	3.2	-3.2	$y=-0.125x+0.4$	$y=-0.125x-0.4$
7	6.4	0.457	-0.457	3.2	-3.2	$y=-0.143x+0.457$	$y=-0.143x-0.457$
6	6.4	0.533	-0.533	3.2	-3.2	$y=-0.167x+0.533$	$y=-0.167x-0.533$
5	6.4	0.64	-0.64	3.2	-3.2	$y=-0.2x+0.64$	$y=-0.2x-0.64$
4	6.4	0.8	-0.8	3.2	-3.2	$y=-0.25x+0.8$	$y=-0.25x-0.8$
3	6.4	1.067	-1.067	3.2	-3.2	$y=-0.333x+1.067$	$y=-0.333x-1.067$

Таблица 4.12 – Рекомендуемые границы коридоров плана и продольного профиля при $B = 6.2$ м

Заложение откоса косога ра k	Ширина основной площадки B , м	Коридор профиля		Коридор плана		Уравнение оптимальных решений	
		$h_{\text{нас}}$, м	$h_{\text{выем}}$, м	$\Delta_{\text{нас}}$, м	$\Delta_{\text{выем}}$, м	При смещении в насыпь	При смещении в выемку
10	6.2	0.31	-0.31	3.1	-3.1	$y=-0.1x+0.31$	$y=-0.1x-0.31$
9	6.2	0.344	-0.344	3.1	-3.1	$y=-0.111x+0.344$	$y=-0.111x-0.344$
8	6.2	0.388	-0.388	3.1	-3.1	$y=-0.125x+0.388$	$y=-0.125x-0.388$
7	6.2	0.443	-0.443	3.1	-3.1	$y=-0.143x+0.443$	$y=-0.143x-0.443$
6	6.2	0.517	-0.517	3.1	-3.1	$y=-0.167x+0.517$	$y=-0.167x-0.517$
5	6.2	0.62	-0.62	3.1	-3.1	$y=-0.2x+0.62$	$y=-0.2x-0.62$
4	6.2	0.775	-0.775	3.1	-3.1	$y=-0.25x+0.775$	$y=-0.25x-0.775$
3	6.2	1.033	-1.033	3.1	-3.1	$y=-0.333x+1.033$	$y=-0.333x-1.033$

Так, например, при грунтах группы Б, ширине основной площадки $B = 6.6$ м и уклоне косога ра 1:6 коридор профиля от 0,55 м до - 0,55 м, коридор плана от 3.3 м до -3,3 м, варианты оптимальных решений при смещении в насыпь описываются уравнением $y = 0.167 x + 0.55$, при смещении в выемку – $y = - 0.167 x - 0.55$.

Таким образом, в разделе 4.5 на основе ранее полученных формул (3.1, 3.2), а также выводов раздела 3.3.4 и 3.4 для различных условий (вид грунта основания, крутизна откосов) были сформулированы рекомендации по величине границ коридоров продольного профиля и плана, а также уравнения оптимальных решений при смещении в насыпь и в выемку.

4.6 Выводы по главе 4

В данном разделе апробирована предложенная методика проектирования трассы железнодорожной линии на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности на реальном примере проекта строительства железнодорожной линии «Кызыл-Курагино», расположенной между Красноярским краем и Элегестским угольным месторождением республики Тыва. При исследовании был рассмотрен участок трассы между разъездом Куртушибинским и станцией Аржаан, протяжённостью 21 км.

Получены следующие результаты:

1) сокращено количество косогорных участков с полунасыпями-полувыемками с 29 до 20, что составляет 2% суммарной протяжённости косогорных участков с полунасыпями-полувыемками (вместо 4% - до корректировки);

2) произведена оценка эффективности решений в проектах железных дорог с учётом вероятности возникновения землетрясений с использованием методов принятия решений в условиях неопределённости исходной информации; сформированы матрицы строительных расходов и построены графики зависимостей общего критерия принятий решений в условиях неопределённости от вероятности землетрясений (критерий Байеса);

в результате было получено, что при вероятности землетрясений менее 33.3% большим эффектом обладает решение строительства сооружений без учёта

мероприятий по защите от землетрясений, однако при вероятности более 33.3% эффективнее становится решение о строительстве с учётом мероприятий по защите;

3) выполненная апробация показывает возможность использования и эффективность предлагаемого метода, что позволяет сказать о том, что методика может быть применима при проектировании железнодорожных линий в районах с высокой сейсмичностью для обеспечения однородности основной площадки земляного полотна, снижения затрат на строительство и повышения эффективности, надёжности применяемых проектных решений и, как следствие, повышения безопасности движения поездов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) В результате анализа теории и практики проектирования железных дорог установлено, что при укладке трассы на косогорных участках в районах с высокой сейсмичностью не достаточно учитывают требования нормативных документов по обеспечению однородности основной площадки земляного полотна.

В диссертации предложена технология проектирования трассы с учетом этого требования для вновь укладываемой трассы и при её корректировке в составе рабочей документации.

2) Разработаны формулы (3.1–3.6), определяющие параметры коридора на профиле и плане, вне которого, по возможности, должна быть уложена трасса (см. рисунки 3.1–3.3 и 3.5).

3) Впервые составлена классификация косогорных участков по виду грунтов, геометрическим параметрам конструкции земляного полотна и категориям по сейсмическим свойствам.

На её основе выполнен технико-экономический анализ наиболее рациональной укладки трассы в поперечном сечении земляного полотна. Установлены рациональные решения по смещению оси трассы в профиле и плане при различных грунтах и уклоне косогора (см. таблица 3.10).

4) Составлен алгоритм укладки трассы на косогорах в районах с высокой сейсмичностью (см. рисунок 3.22).

Предложенная технология апробирована на одном из участков проектируемой линии Кызыл-Курагино (см. таблица 4.2).

5) Выполнены варианты расчёты по поиску наиболее рационального решения по корректировке оси трассы на косогорных участках для обеспечения однородности основной площадки земляного полотна в районах

с высокой сейсмичностью. Получены аналитические зависимости, описывающие искомые решения (3.7–3.8).

6) Сделана оценка эффективности проектных решений в поперечном сечении в условиях неопределённости исходной информации с учётом вероятности возникновения землетрясений. Определены условия для применения проектных решений с учётом и без учёта мероприятий по защите от землетрясений (см. рисунки 4.4 – 4.5).

7) Даны рекомендации по минимальным высотам насыпей и глубинам выемок для обеспечения однородности основной площадки при различных видах грунтов основания и косогорности местности (см. таблицы 4.5 – 4.12).

8) Предложенная технология может быть использована в практике проектирования новых железных дорог и для автоматизации в программных продуктах специальных САПР.

9) Перспективой дальнейшей разработки темы может быть учёт неблагоприятных физико-геологических процессов (оползни, осыпи, обвалы, курумы и т.д.) и сейсмических характеристик грунтов основания (скорость распространения продольной сейсмической волны и приращения балльности), учёт силы сейсмического воздействия, а также конструкций укреплений земляного полотна (например, демпферов) с проведением анализа устойчивости земляного полотна в технологии трассирования железной дороги в районах с высокой сейсмичностью.

Список литературы

1. Аккерман, Г.Л. Теория и практика проектирования железных дорог с учетом воздействия окружающей среды: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.03 / Аккерман Геннадий Львович. - М., 1992. - 42 с.
2. Аккерман, Г.Л. Трасса, план, профиль высокоскоростной железнодорожной магистрали / Г.Л.Аккерман, С.Г.Аккерман // Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути: сборник трудов XIV международной научно-технической конференции. Чтения, посвященные памяти профессора Г.М. Шахунянца. - 2017. - С. 149-153.
3. Аккерман, Г.Л. Облик высокоскоростной железнодорожной магистрали / Г.Л.Аккерман, С.Г.Аккерман // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. - 2017. - № 2(34). - С. 46-56.
4. Аккерман, Г.Л. Грани проекта / Г.Л.Аккерман, С.Г.Аккерман // Инновационный транспорт. - 2015. - № 2(16). - С. 12-15.
5. Алексеев, Е.П. Проектирование и строительство железных дорог в горных районах Сибири / Е.П.Алексеев, И.П.Казимиров, Ч.Б.Ольшановский. - М.: Транспорт, 1967. - 279 с.
6. Алёшин, А.С. Континуальная теория сейсмического микрорайонирования / А.С.Алёшин // Инженерные изыскания. - 2015. - № 9. - С. 10-18.
7. Анисимов, В.А. Теория и практика проектирования развития региональной сети железных дорог с учётом изменений облика и мощности станций и узлов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.06 / Анисимов Владимир Александрович. - Хабаровск, 2005. - 48 с.
8. Анисимов, В.А. Трассирование на участках напряжённых ходов с применением математических методов / В.А.Анисимов // Труды МИИТ. - 1980. - Вып. 668. - С. 135-157.

9. Анисимов, В.А. Численные методы выбора положения трассы на участке напряжённого хода / В.А.Анисимов // Труды МИИТ. - 1982. - Вып. 715. - С. 98 - 107.

10. Ашпиз, Е.С. Железнодорожный путь: учебник / Е.С.Ашпиз, А.И.Гасанов, Б.Э.Глюзберг и др.; под ред. Е.С.Ашпиза. - М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. - 544 с.

11. Баранов, Т.М. Особенности методологии мониторинга геодинамической безопасности мостов / Т.М.Баранов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы третьей всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 15-19 мая 2012 г Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2012. - Т. 1. - С. 511-517.

12. Благоразумов, И.В. Дополнительные критерии оценки проектных решений в условиях неоднозначности выбора варианта / И.В.Благоразумов, Я.В.Клочков // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы пятой международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию начала строительства Байкало-Амурской магистрали, 31 марта - 4 апреля 2014 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2014. - Т. 1. - С. 625-630.

13. Богданов, А.И. Автоматизированное проектирование реконструкции плана и эксплуатируемых железных дорог / А.И.Богданов // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2016. - С. 39-44.

14. Богданов, А.И. Выбор направления трассы проектируемых железных дорог с применением космических съёмки: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.03 / Богданов Андрей Иванович. - М., 1986. - 168 с., прил.

15. Богданов, А.И. Проблемы автоматизации проектирования новых железных дорог / А.И.Богданов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Восьмой Междунар. науч.-практ. конф., 28 марта -

01 апреля 2017 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2017. - Т. 1. - С. 500-504.

16. Богданов, М.И. Низкое качество работы Минстроя РФ в области нормативных документов (новые карты общего сейсмического районирования все еще не утверждены) – сознательное вредительство чиновников? / М.И.Богданов // Инженерные изыскания. - 2017. - № 5 - С. 18-20.

17. Бухаров, Д.С. О модификации метода трассировки / Д.С.Бухаров // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Шестой международной научно-практической конференции, посвящённой 40-летию со дня образования Иркутского государственного университета путей сообщения, 30 сентября - 03 октября 2015 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2015. - Т.1. - С. 396-401.

18. Бучкин, В.А. Методология автоматизированного проектирования реконструкции плана и профиля железных дорог: дис. ... д-ра тех. наук: 05.22.06 / Бучкин Виталий Алексеевич. - М., 2001. - 279 с.

19. Бушуев, Н.С. Комплексный выбор параметров проектирования специализированных грузовых железнодорожных магистралей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.03 / Бушуев Николай Сергеевич. - Ленинград, 1983. - 23 с.

20. Бушуев, Н.С. Нормативная база проектирования плана и продольного профиля ВСМ в России / Н.С.Бушуев, С.В.Шкурников // Путь XXI века: сборник научных трудов III международной научно-методической конференции, посвященной 205-летию создания Института Корпуса инженеров путей сообщения - СПб.: ПГУПС, 2015. - С. 134 - 135.

21. Бушуев, Н.С. Рекомендации по выбору параметров круговых кривых при совмещенном движении высокоскоростных пассажирских и скоростных специальных грузовых поездов / Н.С.Бушуев, С.В.Шкурников, В.А.Голубцов // Вестник института проблем естественных монополий: техника железных дорог. - 2016. - № 2 (34). - С. 71-75.

22. Бушуев, Н.С. Учёт неопределённости исходной информации в математических моделях пассажиропотока высокоскоростной железнодорожной магистрали / Н.С.Бушуев, Д.О.Шульман // Проектирование развития региональной сети железных дорог. - 2015. - № 3. - С. 104-109.

23. Бушуев, Н.С. Техничко-экономические изыскания при проектировании железных дорог: учебное пособие / Е.С.Свинцов, С.В.Шкурников, Н.С.Бушуев. - Спб.: ПГУПС, 2013. - 63 с.

24. Быков, Ю.А. Теория и практика прогнозирования облика и мощности новых железных дорог: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.03 / Быков Юрий Александрович. - М., 1999. - 322 с.

25. Быков, Ю.А. Грузообразующие железные дороги – решение важнейших государственных проблем экономического освоения новых регионов / Ю.А.Быков, П.В.Мудров, И.В.Турбин // Транспортное строительство. - 2013. - №1. - С. 11-15.

26. Быков, Ю.А. Основы проектирования, строительства и реконструкции железных дорог: учебник / Ю.А.Быков, Е.С.Свинцов; под общ. ред. Ю.А.Быкова и Е.С.Свинцова. - М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. - 448 с.

27. Быкова, Н.М. Системный подход к оценке и учёту геодеформационных воздействий на протяжённые технические объекты: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.01 / Быкова Наталья Михайловна. - Братск, 2009. - 353 с.

28. Быкова, Н.М. Содержание железнодорожных тоннелей с использованием автоматизированных систем геотехнического мониторинга / Н.М.Быкова, Д.А.Зайнагабдинов, Т.Ш.Беляев // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы пятой международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию начала строительства Байкало-Амурской магистрали, 31 марта - 4 апреля 2014 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2014. - Т. 1. - С. 589-597.

29. Ведомости. Руслану Байсарову разрешили строить дорогу Кызыл-Курагино. [Электронный ресурс]. - 2017. - 04 декабря. - Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2017/12/04/743964-baisarovu-kizil-kuragino>.

30. Вентцель, Е.С. Исследование операций / Е.С.Вентцель. - М.: Советское радио, 1972. - 552 с.

31. Волков, Б.А. Экономические изыскания и основы проектирования железных дорог: учебник для вузов ж.-д. транспорта / Б.А.Волков, И.В.Турбин, Е.С.Свинцов, Н.С.Лобанова; под ред. Б.А.Волкова. - М.: Маршрут, 2005. - 408 с.

32. Гавриленков, А.В. Основы теории принятия решений в проектировании железных дорог: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.06 / Гавриленков Александр Валентинович. - М., 1989. - 379 с.

33. Гавриленков, А.В. Теоретические основы проектирования скоростных и высокоскоростных магистралей: монография / А.В.Гавриленков. - Хабаровск: ДВГУПС, 2004. - 210 с.

34. Гаврилов, И.И. Причины деформаций земляного полотна после землетрясений / И.И.Гаврилов // Путь и путевое хозяйство. - 2015. - № 5. - С. 16-18.

35. Гаскин, В.В. Сейсмостойкость зданий и транспортных сооружений: учебное пособие / В.В.Гаскин, И.А.Иванов. - Иркутск: ИрГУПС, 2005. - 76 с.

36. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Сейсмичность: сборник статей. - Новосибирск: Наука, 1985. - 192 с.

37. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Инженерная геология и инженерная сейсмология: сборник статей / О.В.Павлов, В.И.Джурик, А.Ф.Дренов и др. - Новосибирск: Наука, 1985. - 192 с.

38. Геология и сейсмичность зоны БАМ. Сейсмология и сейсмическое районирование: сборник статей. - Новосибирск: Наука, 1985. - 190 с.

39. Гончарук, С.М. Принятие решений при проектировании облика и мощности сети железных дорог (системный подход). Часть 3. Оценка

проектных альтернатив облика и мощности сети железных дорог при принятии решений: монография / С.М. Гончарук, В.С. Шварцфельд. - Хабаровск: ДВГУПС, 2003. - 152 с.

40. Горинов, А.В. Изыскания и проектирование железных дорог: учебник. В 2-х т. / А.В.Горинов, И.И.Кантор, А.П.Кондратченко, И.В.Турбин. 6-е изд., перераб. и доп.- М.: Транспорт, 1979. - 2 т.

41. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территории Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и технического характера в 2009 г.»

42. ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация. - М.: Стандартинформ, 2013. - 44 с.

43. Гудок. В новой программе развития транспорта акцент сделан на совместное финансирование проектов. [Электронный ресурс]. - 2018. - 18 января. - Режим доступа: <http://www.gudok.ru/infrastructure/?ID=1399608>.

44. Гудок. За 33 года сеть прирастёт на треть. [Электронный ресурс]. - 2017. - 06 июня. - Режим доступа: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1375855&archive=2017.06.06>.

45. Гудок. Тувинская ветка Шёлкового пути. [Электронный ресурс]. - 2018. - 06 февраля. - Режим доступа: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1403601&archive=2018.02.06>.

46. Гудок. Тувинское топливо поедет в Ванино [Электронный ресурс]. - 2014. - 28 мая. - Режим доступа: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1167470&archive=2014.05.28>.

47. Дюнин, А.К. Проектирование железных дорог в сложных физико-географических условиях / А.К.Дюнин / Под ред. А.К. Дюнина. - Новосибирск, 1977. - Вып. 184. - 129 с.

48. Железнов, М.М. Метод оптимизационного моделирования геометрических параметров трассы железнодорожного пути в плане / М.М.Железнов, Е.А.Сидорова // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы пятой международной научно-практической

конференции, посвященной 40-летию начала строительства Байкало-Амурской магистрали, 31 марта - 4 апреля 2014 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2014. - Т. 1. - С. 555 - 558.

49. Житкевич, В.П. Влияние размещения отдельных пунктов на длину железнодорожной линии в различных топографических условиях / В.П.Житкевич // Сб. науч. тр. Моск. ин-та инж. ж-д. трансп. - М.: 1979. - Вып. 644. - С. 84 - 90.

50. Житкевич, В.П. Обоснование густоты цифровой модели местности с помощью теории информации / В.П.Житкевич // Сб. науч. тр. Моск. ин-та инж. ж-д. трансп. - М.: 1971. - Вып. 384. - С. 104 - 115.

51. Зайнагабдинов, Д.А. Модели для расчёта тоннелей, пересекающих активные разломы / Д.А.Зайнагабдинов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы четвёртой всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 13-17 мая 2013 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2013. - Т. 1. - С. 449 - 454.

52. Иоаннисян, А.И. Улучшение трассы существующих железных дорог / А.И.Иоаннисян. - М.: Транспорт, 1964. - 202 с.

53. Исаенко, Э.П. Теория и практика защиты железных дорог от снежных лавин: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01 / Исаенко Эдуард Петрович. - М., 1979. - 344 с.

54. Исследование вопросов трассирования в сложных природных условиях: отчёт о НИР / В.С.Миронов, А.В.Петрушин, В.А.Антонцев. - М., МГУПС (МИИТ), 2014. - 41 с.

55. Кантор, И.И. Изыскания и проектирование железных дорог / И.И.Кантор. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. - 288 с.

56. Кантор, И.И. Обоснование норм проектирования продольного профиля перегонов и отдельных пунктов / И.И.Кантор // Труды Моск. ин-та инж. ж-д. трансп. - М., 1974. - Вып. 444. - С. 35 - 42.

57. Кантор, И.И. Продольный профиль пути и тяга поездов: монография. - М.: Транспорт, 1984. - 207 с.

58. Кафитин, Л.И. Роль сейсмического районирования в железнодорожном строительстве / Л.И.Кафитин, П.Н.Курочка, А.Н.Гармони́на // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2015. - № 1 (57). – С. 104-109.

59. Каштанов, Ю.Б. Мегапроект контроля конструктивной целостности Северо-Муйского железнодорожного тоннеля в результате сильных сейсмических воздействий / Ю.Б.Каштанов, А.А.Пыхалов, С.К.Каргапольцев, А.Е.Неживляк // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Седьмой международной научно-практической конференции, посвященной 355-летию со дня основания города Иркутска, 29 марта – 01 апреля 2016 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2016. - Т. 1. - С. 551-561.

60. Кашковский, В.В. Особенности обработки информации автоматизированного деформационного мониторинга мостов / В.В.Кашковский, Т.М.Баранов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы третьей всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 15-19 мая 2012 г Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2012. - Т. 1. - С. 503 - 510.

61. Комплект карт ОСР-97 / Гл. ред. В.Н.Страхов, В.И.Уломов. - М.: ОИФЗ, 1999. - 57 с.

62. Кондратченко, А.П. Проектирование временной трассы на локальных участках новых железных дорог / А.П.Кондратченко, Б.И.Гороховцев // Труды МИИТ. - 1982. - Вып. 715. - С. 12 - 22.

63. Кондратченко, А.П. Совершенствование методов проектирования железных дорог / А.П.Кондратченко // Труды Моск. ин-та инж. ж.-д. трансп.; под ред. А.П.Кондратченко, И.В.Турбина. - М., 1976. - Вып. 538. - 103 с.

64. Коншин, Г.Г. Отчёт о командировке в Армению в район железнодорожной линии Кировокан-Ленинакан, наиболее пострадавший от землетрясений 7 декабря 1988 г. / Г.Г.Коншин. - М.: ВНИИЖТ, 1988. - С. 35 -38.

65. Леви, К.Г. Транспортная инфраструктура Сибирского региона и факторы природных опасностей / К.Г.Леви, Е.А.Козырева, А.И.Мирошниченко, В.В.Чечельницкий, Н.А.Гилева // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Шестой международной научно-практической конференции, посвящённой 40-летию со дня образования Иркутского государственного университета путей сообщения, 30 сентября - 03 октября 2015 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2015. - Т.1. - С. 24-30.

66. Лопатин, М.Н. Геоинформационно-статический анализ данных для прогнозирования сейсмических событий / М.Н.Лопатин, Р.М.Семёнов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы третьей всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 15-19 мая 2012 г Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2012. - Т. 1. - С. 500-502.

67. Матвиенко, В.С. Исследование ветрового режима и процессов накопления снега в очагах лавинообразования с целью разработки противолавинных мероприятий на железных дорогах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.03 / Матвиенко Виктор Семёнович. - Новосибирск, 1970. - 23 с.

68. Меркурьев, Ю.С. Влияние демпфирующего слоя на сейсмоустойчивость железнодорожного пути / Ю.С.Меркурьев // Сб. тр. XI Международной научно-технической конференции, посвященной памяти профессора Г.М. Шахунянца. - М.: МИИТ, 2014. - С. 169 - 172.

69. Меркурьев, Ю.С. Влияние демпфирующего слоя на сейсмоустойчивость пути / Ю.С.Меркурьев, В.А.Алпысова // Путь и путевое хозяйство. - 2015. - №5. - С. 19 - 20.

70. Меркурьев, Ю.С. Анализ устойчивости насыпи по методу Г.М. Шахунянца с учётом сейсмических воздействий / Ю.С.Меркурьев // Известия ПГУПС. - 2015. - № 1. - С. 41 - 46.

71. Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации. – М.: Госстрой России, 2004.

72. Миронов, В.С. Трасса на пересечении высотных препятствий в проекте железной дороги «Кызыл-Курагино» / В.С.Миронов, В.А.Антонцев // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Седьмой международной научно-практической конференции, посвященной 355-летию со дня основания города Иркутска, 29 марта – 01 апреля 2016 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2016. - Т. 1. - Т. 1 - С. 407-411.

73. Мушик, Э. Методы принятия технических решений / Э.Мушик, П.Мюллер; пер. с нем. - М.: Мир, 1990. - 208 с.

74. Никитин, А.О. Актуальные проблемы транспорта в Иркутской области / А.О.Никитин // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Седьмой международной научно-практической конференции, посвященной 355-летию со дня основания города Иркутска, 29 марта – 01 апреля 2016 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2016. - Т. 1. - Т. 1 - С. 14-20

75. Переселенков, Г.С. Железные дороги в долинах рек / Г.С.Переселенков, В.К.Тавлинов, И.Д.Ткачевский и др.; под ред. Г.С. Переселенкова. - М.: Транспорт, 1991. - 344 с.

76. Перспективные направления развития железнодорожной инфраструктуры для освоения планируемых объёмов грузовых перевозок. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.iert.com.ru//razv_infrast.html.

77. Петрушин, А.В. К вопросу совершенствования технологии укладки трассы новой железнодорожной линии в условиях высокой сейсмичности / В.С.Миронов, А.В.Петрушин // Вестник УрГУПС. - 2018. - № 1(37). - С. 69-77.

78. Петрушин, А.В. Корректировка положения трассы на косогорных участках в районах с высокой сейсмичностью на примере железной дороги «Кызыл-Курагино» / В.С.Миронов, А.В.Петрушин // Сб. тр. XI

Международной научно-технической конференции, посвященной памяти профессора Г.М. Шахунянца. - М.: МИИТ, 2014. - С. 169 - 172.

79. Петрушин, А.В. Особенности проектирования трассы в районах с высокой сейсмичностью / А.В.Петрушин // Сб. тр. «Инженерные сооружения на транспорте». - М.: МИИТ, 2013. - Вып. № 5. - С. 101 - 102.

80. Петрушин, А.В. Проектирование трассы железной дороги на косогорных участках в районах с высокой сейсмичностью / В.С.Миронов, А.В.Петрушин // Сб. тр. Международной научно-практической конференции «Транспорт-2013». – Ч. 3. Естественные и технические науки. – Ростов н/Д, РГУПС, 2013. - С. 39 - 40.

81. Петрушин, А.В. Трассирование железной дороги с учётом конструкций земляного полотна в районах с высокой сейсмичностью / В.С.Миронов, А.В.Петрушин // Путь XXI века: Сб. науч. тр. Междунар. научно-методической конференции (14-15 февраля 2013 г.) / Под ред. проф. Л.С. Блажко - СПб.: ПГУПС, 2013. - С. 207 - 212.

82. Петрушин, А.В. Укладка трассы в районах с высокой сейсмичностью / В.С.Миронов, А.В.Петрушин// Путь и путевое хозяйство. - 2014. - № 12. - С. 22 - 24.

83. Петрушин, А.В. Особенности трассирования и оценка эффективности проектных решений в районах с высокой сейсмичностью / В.С.Миронов, А.В.Петрушин // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Седьмой международной научно-практической конференции, посвященной 355-летию со дня основания города Иркутска, 29 марта – 01 апреля 2016 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2016. - Т. 1. - С. 493 - 498.

84. Петрушин, А.В. Рациональное положение трассы при однородном земляном полотне в районах с высокой сейсмичностью / В.С.Миронов, А.В.Петрушин // Труды Восемнадцатой научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». - М.: РУТ (МИИТ), 2017. - С. IV-48 - IV-49.

85. Петрушин, А.В. Рекомендации по укладке трассы новой железнодорожной линии в условиях высокой сейсмичности / В.С.Миронов, А.В.Петрушин // Вестник УрГУПС. - 2016. - № 3(31). - С. 98-107.

86. Пехтерев, Ф.С. Основные направления актуализации генеральной схемы развития железнодорожного транспорта до 2020 года. [Электронный ресурс]. / Ф.С.Пехтерев - Режим доступа: <http://iert.com.ru/images/Pehterev.pdf>.

87. Письменный, Д.Т. Конспект лекций по высшей математике. 1 часть / Д.Т. Письменный. - 5-е изд. - М.: Айрис-пресс, 2005. - 288 с.

88. Письменный, Д.Т. Конспект лекций по высшей математике. 2 часть / Д.Т. Письменный. - 2-е изд., испр. - М.: Айрис-пресс, 2005. - 256 с.

89. Плешко, А.Б. Перспективы развития железнодорожной инфраструктуры региона / А.Б.Плешко // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Седьмой международной научно-практической конференции, посвященной 355-летию со дня основания города Иркутска, 29 марта - 01 апреля 2016 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2016. - Т. 1. - С. 7-14.

90. Подвербный, В.А. Многокритериальное сравнение вариантов проектных решений на основе комплексного критерия / М.В.Ковальчук, В.В.Казарина, В.А.Подвербный // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. - Иркутск: ИрГУПС, 2018. - Т. 1. - С. 457-461.

91. Подвербный, В.А. Пример принятия решений в области проектирования железных дорог / А.А.Перелыгина, В.А.Подвербный // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. - Иркутск: ИрГУПС, 2018. - Т. 1. - С. 606-611.

92. Подвербный, В.А. Принятие решений в многокритериальных недетерминированных задачах проектирования железных дорог: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.06 / Подвербный Вячеслав Анатольевич. – М., 2001. – 48 с.

93. Подвербный, В.А. Проблемы и перспективы строительства линии Кызыл-Курагино / В.А.Подвербный, В.А.Курочкин, И.В.Благоразумов, Е.В.Филатов // Безопасность регионов – основа устойчивого развития: материалы четвёртой международной научно-практической конференции, 22-26 сентября 2014 г. Иркутск. - Иркутск: ИрГУПС, 2014. - С. 305 - 321.

94. Полосин, Ю.К. Методы оптимального проектирования трассы железных дорог: монография / Ю.К.Полосин. - Л.: ВАТТ, 1965. - 170 с.

95. Понарин, А.С. Математические модели в трассировании железных дорог: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук: 05.22.03 / Понарин Анатолий Семенович. - М., 1995 - 48 с.

96. Прокудин, И.В. Организация строительства и реконструкции железных дорог: учебник для вузов ж.-д. транспорта / И.В.Прокудин, Э.С.Спиридонов, И.А.Грачёв, А.Ф.Колос, С.К.Терлецкий; под ред. И.В.Прокудина. - М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на ж.-д. транспорте», 2008. - 736 с.

97. Рекомендации по проектированию земляного полотна дорог в сложных инженерно-геологических условиях – М.: ЦНИИС, 1974.

98. Семёнов, Р.М. Возможности прогноза землетрясений в южном Прибайкалье / Р.М.Семёнов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы четвёртой всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 13-17 мая 2013 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2013. - Т. 1. - С. 574-580.

99. Семёнов, Р.М. Сейсмическая опасность Транссибирской магистрали в Прибайкалье и исследования по прогнозу землетрясений в её пределах / Р.М.Семёнов, М.Н.Лопатин // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Седьмой международной научно-практической конференции, посвященной 355-летию со дня основания города Иркутска, 29 марта – 01 апреля 2016 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2016. - Т. 1. - С. 514-517.

100. Семёнова, Е.С. Развитие Восточного полигона / Е.С.Семёнова, А.М.Шитикова, С.С.Громышова // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Восьмой Междунар. науч.-практ. конф., 28 марта - 01 апреля 2017 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2017. - Т. 1. - С. 162-166.

101. Серебренников, С.П. Технология оценки максимальных сейсмических воздействий для проектирования транспортных сооружений / С.П.Серебренников, В.И.Джурик, Р.М.Семёнов, Е.В.Быржак, А.Ю.Ескин // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Шестой международной научно-практической конференции, посвящённой 40-летию со дня образования Иркутского государственного университета путей сообщения, 30 сентября - 03 октября 2015 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2015. - Т.1. - С. 593-597.

102. Скутин, А.И. Выбор направления трассы железной дороги в сложных природных условиях равнинной местности: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.03 / Скутин Александр Иванович. - М., 1984. - 185 с.

103. СМИ об РЖД. Строительство железной дороги к Туве началось в Монголии. [Электронный ресурс]. - 2017. - 27 июня. - Режим доступа:

http://press.rzd.ru/smi/public/ru?STRUCTURE_ID=2&layer_id=5050&referrerLayerId=5252&log=on&err=on&id=298758.

104. СМИ об РЖД. Тува выходит на Транссиб. [Электронный ресурс]. - 2017. - 11 декабря. - Режим доступа:

http://press.rzd.ru/smi/public/ru?STRUCTURE_ID=2&layer_id=5050&referrerLayerId=5252&log=on&err=on&id=300737.

105. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. - М., 2000. - 45 с.

106. СНиП 32-01-95. Железные дороги колеи 1520 мм. - М., 1995. - 21 с.

107. СП 14.13330.2011 Актуализированная редакция СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах. - М.:ЦНИИС, 2011. - 84 с.

108. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*: [утверждён Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 18.02.2014 г. № 60/пр].

109. СП 119.13330.2012. Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95. - М. : Стандартинформ, 2012. - 51 с.

110. СП 238.1326000.2015. Железнодорожный путь. - М.: Стандартинформ, 2015. - 71 с.

111. Соколова, О.В. Проектирование строительных конструкций в суровых условиях Забайкалья / О.В.Соколова, М.В.Чечель // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Седьмой международной научно-практической конференции, посвященной 355-летию со дня основания города Иркутска, 29 марта – 01 апреля 2016 г. Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2016. - Т. 1. - С. 518-520.

112. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года: [утверждена Правительством РФ от 17.06.2008 г. №877-р]. - [Электронный ресурс]. - Режим доступа:

http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&id=3997.

113. Струченков, В.И. Основы теории и методы оптимизации трасс железных дорог и других линейных объектов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.03 / Струченков Валерий Иванович. - М., 1988. – 405 с.

114. Струченков, В.И. Обратные связи – основа систем, проектирующих трассы дорог / В.И.Струченков //САПР и графика. - 2015. – 1 января. - С. 28-32.

115. Суконникова, Т.В. Специальная сейсмозащита железнодорожных мостов: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / Суконникова Татьяна Владимировна. - СПб., 2016. - 155 с.

116. Тихонов, К.К. Выбор оптимальных параметров эксплуатации железных дорог / К.К.Тихонов – М.: Транспорт, 1974, с. 192.

117. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: [утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22.11.2008 № 1734-р в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 11.06.2014 г. № 1032-р]. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.rador.ru/news/strategy2030.pdf>.

118. Турбин, И.В. Метод оптимизации трассы в плане, основанный на принципах направленного поиска / И.В.Турбин // Труды МИИТ. - 1976. - Вып. 538.

119. Турбин, И.В. Оптимизация проектной линии продольного профиля на основе численного решения вариационной задачи / И.В.Турбин // Транспортное строительство. - 1970. - №4.

120. Турбин, И.В. Основы системы машинного трассирования на косогорных участках напряжённого хода / И.В.Турбин // Труды МИИТ. - 1978. - Вып. 614. - С. 80-90.

121. Турбин, И.В. Изыскания и проектирование железных дорог: учебник для вузов ж.-д. трансп. / И.В.Турбин, А.В.Гавриленков, И.И.Кантор и др.; под ред. И.В.Турбина. - М.: Транспорт, 1989. - 479 с.

122. Турбин, И.В. Параметры проекта и трасса грузообразующих железных дорог / И.В.Турбин, П.В.Мудров // Вестник УрГУПС. - 2012. - № 1. - С. 87-93.

123. ТЭПК. Строительство железной дороги Элегест-Кызыл-Курагино. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://tepk-invest.ru/rail/>.

124. ТЭПК. Схема железнодорожной линии «Кызыл-Курагино» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://tepk-invest.ru/rail/>.

125. Уломов, В.И. Прогноз сейсмической опасности: история отечественных исследований / В.И.Уломов / Тезисы доклада на международной конференции «История наук о Земле: исследования, этапы развития, проблемы» – М., 2008.

126. Уломов, В.И. К вопросу о стандартизации норм и правил сейсмического районирования для сейсмостойкого строительства в Российской Федерации / В.И.Уломов // Инженерные изыскания. - 2015. - № 10-11. - С. 6-17.

127. Уломов, В.И. Новый комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской федерации (ОСР-2012) / В.И.Уломов, М.И.Богданов // Инженерные изыскания. – 2013. - № 8. - С. 30-39.

128. Цернант А.А. Сооружение земляного полотна в криолитозоне: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.13 / Цернант Александр Альфредович. – М., 1998. – 175 с.

129. Чечель М.В. Проектирование строительных конструкций в суровых условиях Забайкалья: учебное пособие / М.В.Чечель. - Чита: РИК ЗабГУ, 2012. – 127 с.

130. Ченцова, Е.О. Выбор оптимального варианта комплекса защитных сооружений от размыва откоса и заиливания железнодорожного моста на основе метода идеальной точки / Е.О.Ченцова, В.А.Подвербный // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы третьей всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 15-19 мая 2012 г Иркутск: в 2 т. - Иркутск: ИрГУПС, 2012. - Т. 1. - С. 465-472.

131. Шахунянц, Г.М. Железнодорожный путь: учеб. для вузов ж.-д. трансп. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1987. - 479 с.

132. Шварцфельд, В.С. Обоснование этапности усиления мощности полигона сети железных дорог в припортовом регионе: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.03 / Шварцфельд Вячеслав Семенович. - М., 1984. - 195 с.

133. Шварцфельд, В.С. Методологические основы теории проектирования изменения мощности региональной сети железных дорог: монография / В.С.Шварцфельд, Вл.А.Анисимов. - Хабаровск: ДВГУПС, 2005. - 344 с.

134. Шестопёров, В.Г. Сейсмическое микрорайонирование участков строительства мостов: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / Шестопёров Владимир Германович. - М., 2006. - 104 с.

135. Шкурников, С.В. Повышение скоростей движения поездов на основе модернизации постоянных устройств однопутных железных дорог: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.03 / Шкурников Сергей Васильевич. - Ленинград, 1990. - 175 с.

136. Шульгин, Д.И. Инженерная геология для строителей железных дорог: учебник для вузов ж.-д. трансп. / Д.И.Шульгин, В.Г.Гладков, А.К.Никулин, В.А.Подвербный; под ред. Д.И.Шульгина, В.А.Подвербного. - М.: Желдориздат, 2002. - 514 с.

137. Ядрошников, В.И. Защита железных дорог и других наземных коммуникаций от снежных лавин: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.03 / Ядрошников Виктор Иванович. - М., 1998. - 366 с.

138. RTRI: реализация программы Research 2020 // Железные дороги мира. - 2017. №3. - С. 68 - 71.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. РАСЧЁТ КООРДИНАТНЫХ МОДЕЛЕЙ ВАРИАНТОВ СМЕЩЕНИЯ ОСИ ТРАССЫ

Расчёт для смещения трассы в насыпь

Вариант смещения оси трассы в насыпь при корректировке продольного профиля

Исходные данные: k – уклон косогора, B – ширина основной площадки, m – уклон откоса насыпи, m_1 – уклон откоса выемки, $m_{\text{кан}}$ – уклон откоса канавы, $h_{\text{кан}}$ – глубина канавы (кювета), $a_{\text{кан}}$ – ширина канавы (кювета), $h_{\text{нас}}$ – смещение оси трассы в профиле в насыпь.

Введём прямоугольную систему координат XOY (рисунок 3.6): начало координат – точка O с координатами $(0;0)$ совпадает с точкой 3_1 , ось OY направлена вверх, перпендикулярно основной площадке земляного полотна $2_1 - 3_1 - 4_1$, а ось OX направлена вправо и совпадает с основной площадкой земляного полотна $2_1 - 3_1 - 4_1$.

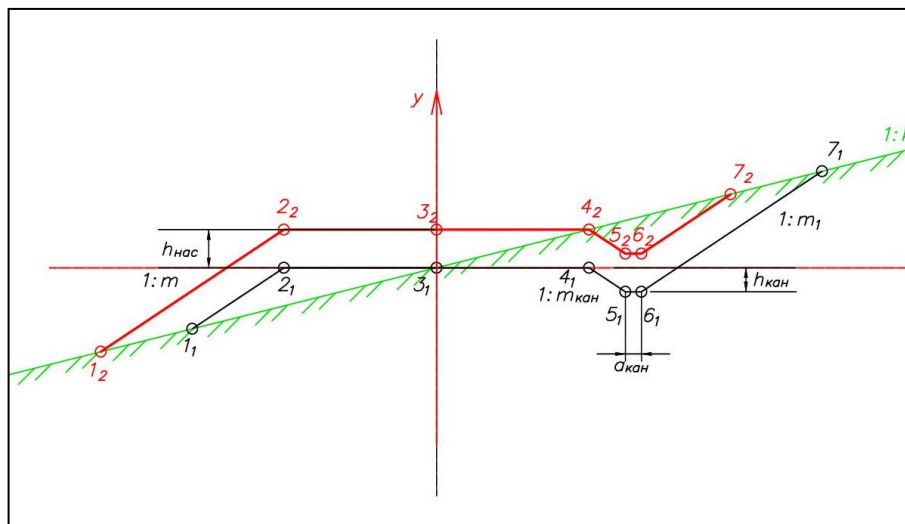


Рисунок А.1 - Схема расчёта варианта смещения оси трассы в профиле в насыпь.

Чёрный цвет – вариант положения оси трассы «полунасыпь-полувыемка»; красный цвет – вариант смещения оси трассы в насыпь при изменении продольного профиля

Вычислим координаты характерных точек поперечных профилей варианта положения оси трассы «полунасыпь-полувыемка» ($1_1 - 7_1$) и варианта смещения оси трассы в профиле в насыпь ($1_2 - 7_2$).

Вариант положения оси трассы «полунасыпь-полувыемка»

- Точка 1_1

Точка 1_1 представляет собой точку пересечения поверхности косогора и подошвы откоса насыпи. В линейной плоскости поверхность косогора

можно представить в виде прямой, описываемой уравнением $y = \frac{1}{k}x$, а откос

насыпи в виде прямой, описываемой уравнением $y = \frac{1}{m}x + \frac{1}{m}(\frac{B}{2} + h_{нас} \cdot m)$.

Координаты точки 1_1 определяются путём решения системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} y = \frac{1}{k}x, \\ y = \frac{1}{m}x + \frac{1}{m} \cdot \frac{B}{2}; \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} y = \frac{1}{k}x, \\ \frac{1}{k}x = \frac{1}{m}x + \frac{1}{m} \cdot \frac{B}{2}; \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} y = \frac{1}{k}x, \\ (\frac{1}{k} - \frac{1}{m})x = \frac{1}{m} \cdot \frac{B}{2}; \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} y = \frac{1}{k}x, \\ x = \frac{0.5 B}{m(\frac{1}{k} - \frac{1}{m})}; \end{array} \right. \boxed{\left\{ \begin{array}{l} y = \frac{0.5 B}{m - k}, \\ x = \frac{0.5 Bk}{m - k}. \end{array} \right.}$$

Координаты точек 2_1 , 3_1 , 4_1 , 5_1 и 6_1 нетрудно определить, воспользовавшись схемой, представленной на рисунке 3.6.

- Точка 2_1

$$\left\{ \begin{array}{l} y = 0, \\ x = -0.5 B. \end{array} \right.$$

- Точка 3_1

$$\left\{ \begin{array}{l} y = 0, \\ x = 0. \end{array} \right.$$

- Точка 4_1

$$\left\{ \begin{array}{l} y = 0, \\ x = 0.5 B. \end{array} \right.$$

- Точка 5_1

$$\begin{cases} y = -h_{\text{кан}}, \\ x = h_{\text{кан}} \cdot m_{\text{кан}} + 0.5B. \end{cases}$$

• Точка 6₁

$$\begin{cases} y = -h_{\text{кан}}, \\ x = h_{\text{кан}} \cdot m_{\text{кан}} + 0.5B + a_{\text{кан}}. \end{cases}$$

• Точка 7₁

Точка 7₁, аналогично точке 1₁, представляет собой точку пересечения поверхности косогора и откоса канавы. В линейной плоскости поверхность косогора - прямая, описываемая уравнением $y = \frac{1}{k}x$, а откос канавы можно представить в виде прямой, описываемой уравнением $y = \frac{1}{m_1}x + b$.

Координаты точки 7₁ определяются путём решения системы уравнений:

$$\begin{cases} y = \frac{1}{k}x, \\ y = \frac{1}{m_1}x + b; \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = \frac{1}{k}x, \\ y = \frac{1}{m_1}x - \frac{1}{m_1}(0.5B + h_{\text{кан}} \cdot m_{\text{кан}} + a_{\text{кан}} + h_{\text{кан}} \cdot m_1); \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = \frac{1}{k}x, \\ 0 = \frac{1}{m_1}x - \frac{1}{k}x - \frac{1}{m_1}(0.5B + h_{\text{кан}} \cdot (m_{\text{кан}} + m_1) + a_{\text{кан}}); \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = \frac{1}{k}x, \\ x = \frac{0.5B + h_{\text{кан}} \cdot m_{\text{кан}} + a_{\text{кан}} + h_{\text{кан}} \cdot m_1}{m_1 \left(\frac{1}{m_1} - \frac{1}{k} \right)}; \end{cases} \quad \boxed{\begin{cases} y = \frac{0.5B + h_{\text{кан}} \cdot (m_{\text{кан}} + m_1) + a_{\text{кан}}}{k - m_1}, \\ x = \frac{k(0.5B + h_{\text{кан}} \cdot (m_{\text{кан}} + m_1) + a_{\text{кан}})}{k - m_1}. \end{cases}}$$

Вариант смещения оси трассы в насыпь при изменении продольного профиля

- Точка 1₂

$$\left\{ \begin{array}{l} y = \frac{1}{k}x, \\ y = \frac{1}{m}x + \frac{1}{m} \left(\frac{B}{2} + h_{нас} \cdot m \right); \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} y = \frac{1}{k}x, \\ \frac{1}{k}x - \frac{1}{m}x = \frac{1}{m} \left(\frac{B}{2} + h_{нас} \cdot m \right); \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} y = \frac{1}{k}x, \\ x = \frac{0.5B + h_{нас} \cdot m}{m \left(\frac{1}{k} - \frac{1}{m} \right)}; \end{array} \right.$$

$$\boxed{\left\{ \begin{array}{l} y = \frac{0.5B + h_{нас} \cdot m}{m - k}, \\ x = \frac{k(0.5B + h_{нас} \cdot m)}{m - k}. \end{array} \right.}$$

- Точка 2₂

$$\left\{ \begin{array}{l} y = h_{нас}, \\ x = -0.5B. \end{array} \right.$$

- Точка 3₂

$$\left\{ \begin{array}{l} y = h_{нас}, \\ x = 0. \end{array} \right.$$

- Точка 4₂

$$\left\{ \begin{array}{l} y = h_{нас}, \\ x = 0.5B. \end{array} \right.$$

- Точка 5₂

$$\left\{ \begin{array}{l} y = h_{нас} - h_{кан}, \\ x = 0.5B + h_{кан} \cdot m_{кан}. \end{array} \right.$$

- Точка 6₂

$$\left\{ \begin{array}{l} y = h_{нас} - h_{кан}, \\ x = 0.5B + h_{кан} \cdot m_{кан} + a_{кан}. \end{array} \right.$$

- Точка 7₂

$$\left\{ \begin{array}{l} y = \frac{1}{k}x, \\ y = \frac{1}{m_1}x + b; \end{array} \right.$$

Чтобы определить уравнение 2-ой прямой (надо установить b)

$$y = \frac{1}{m_1} x + b,$$

решим подзадачу, исходя из координат точки b_2

$$\begin{cases} y = h_{нас} - h_{кан}, \\ x = 0.5B + h_{кан} \cdot m_{кан} + a_{кан}. \end{cases}$$

$$b = y - \frac{1}{m_1} x = (h_{нас} - h_{кан}) - \frac{1}{m_1} (0.5B + h_{кан} \cdot m_{кан} + a_{кан}).$$

Возвращаемся к вычислению координат точки 7_2 :

$$\begin{cases} y = \frac{1}{k} x, \\ y = \frac{1}{m_1} x + b; \end{cases} \begin{cases} y = \frac{1}{k} x, \\ \frac{1}{k} x - \frac{1}{m_1} x = b; \end{cases} \begin{cases} y = \frac{1}{k} x, \\ x = \frac{b}{\frac{1}{k} - \frac{1}{m_1}}; \end{cases} \begin{cases} y = \frac{m_1 b}{m_1 - k}, \\ x = \frac{m_1 k b}{m_1 - k}; \end{cases}$$

Подставляем b

$$\begin{cases} y = \frac{m_1 ((h_{нас} - h_{кан}) - \frac{1}{m_1} (0.5B + h_{кан} \cdot m_{кан} + a_{кан}))}{m_1 - k}, \\ x = \frac{m_1 k ((h_{нас} - h_{кан}) - \frac{1}{m_1} (0.5B + h_{кан} \cdot m_{кан} + a_{кан}))}{m_1 - k}; \end{cases}$$

В окончательном виде:

$$\begin{cases} y = \frac{m_1 (h_{нас} - h_{кан}) - 0.5B - h_{кан} \cdot m_{кан} - a_{кан}}{m_1 - k}, \\ x = \frac{k (m_1 (h_{нас} - h_{кан}) - 0.5B - h_{кан} \cdot m_{кан} - a_{кан})}{m_1 - k}. \end{cases}$$

Вариант смещения оси трассы в насыпь при корректировке плана

Исходные данные: k – заложение откоса косогора, B – ширина основной площадки, m – уклон откоса насыпи, m_1 – уклон откоса выемки, $m_{кан}$ – уклон откоса канавы, $h_{кан}$ – глубина канавы (кювета), $a_{кан}$ – ширина канавы (кювета), $\Delta_{нас}$ – смещение оси трассы в плане в насыпь.

Схема расчёта варианта смещения оси трассы в плане в насыпь приведена на рисунке 3.7.

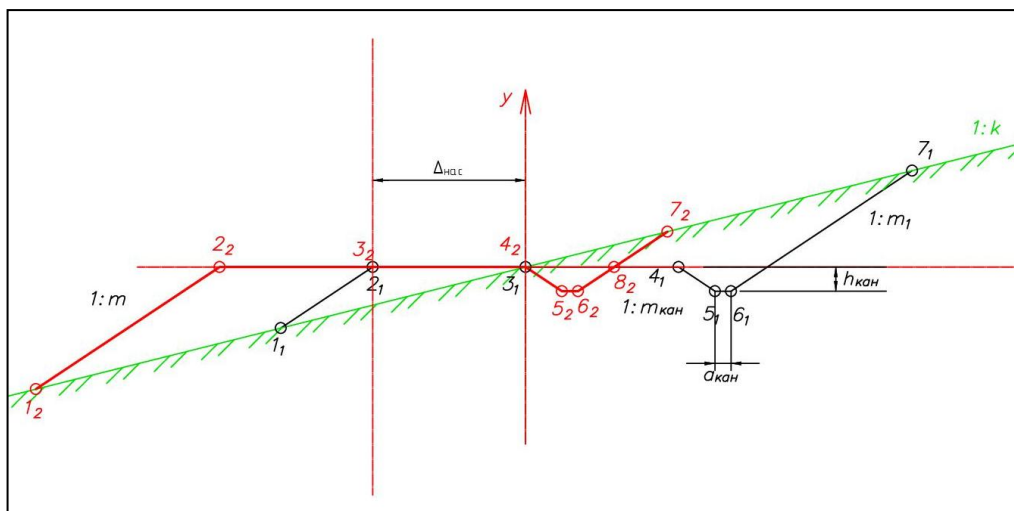


Рисунок А.2 - Схема расчёта варианта смещения оси трассы в плане в насыпь.

Чёрный цвет – вариант положения оси трассы «полунасыпь-полувыемка»; красный цвет – вариант смещения оси трассы в насыпь при изменении плана

Введём прямоугольную систему координат XOY : точка O с координатами $(0;0)$ совпадает с точкой 3_1 , ось OY направлена вверх, перпендикулярно основной площадке земляного полотна $2_1 - 3_1 - 4_1$, а ось OX направлена вправо и совпадает с основной площадкой земляного полотна $2_1 - 3_1 - 4_1$.

Координаты точек варианта положения оси трассы «полунасыпь-полувыемка» ($1_1 - 7_1$) были определены ранее. Вычислим координаты точек варианта смещения оси трассы в плане в насыпь ($1_2 - 7_2$).

- Точка 1_2

$$\begin{cases} y = \frac{1}{k}x, \\ y = \frac{1}{m}x + \frac{1}{m}B; \end{cases} \begin{cases} y = \frac{1}{k}x, \\ \frac{1}{k}x - \frac{1}{m}x = \frac{1}{m}B; \end{cases} \begin{cases} y = \frac{1}{k}x, \\ x = \frac{B}{m(\frac{1}{k} - \frac{1}{m})}; \end{cases} \boxed{\begin{cases} y = \frac{B}{m-k}, \\ x = \frac{Bk}{m-k}. \end{cases}}$$

- Точка 2_2

$$\begin{cases} y = 0, \\ x = -B. \end{cases}$$

- Точка 3_2

$$\begin{cases} y = 0, \\ x = -\Delta_{нас}. \end{cases}$$

- Точка 4₂

$$\begin{cases} y = 0, \\ x = 0. \end{cases}$$

- Точка 5₂

$$\begin{cases} y = -h_{кан}, \\ x = h_{кан} \cdot m_{кан}. \end{cases}$$

- Точка 6₂

$$\begin{cases} y = -h_{кан}, \\ x = h_{кан} \cdot m_{кан} + a_{кан}. \end{cases}$$

- Точка 7₂

$$\begin{cases} y = \frac{1}{k}x, \\ y = \frac{1}{m_1}x - \frac{1}{m_1}(h_{кан} \cdot m_{кан} + a_{кан} + h_{кан} \cdot m_1); \end{cases} \quad \boxed{\begin{cases} y = \frac{h_{кан} \cdot (m_{кан} + m_1) + a_{кан}}{k - m_1}, \\ x = \frac{k(h_{кан} \cdot (m_{кан} + m_1) + a_{кан})}{k - m_1}. \end{cases}}$$

Дополнительная точка для определения объема работ по досыпке и

вырезке земельного полотна:

- Точка 8₂

$$\begin{cases} y = 0, \\ x = h_{кан} \cdot (m_{кан} + m_1) + a_{кан}. \end{cases}$$

Расчёт для смещения трассы в выемку

Вариант смещения оси трассы в выемку при корректировке продольного профиля

Исходные данные: k – заложение откоса косого, B – ширина основной площадки, m – уклон откоса насыпи, m_1 – уклон откоса выемки, $m_{\text{кан}}$ – уклон откоса канавы, $h_{\text{кан}}$ – глубина канавы (кювета), $a_{\text{кан}}$ – ширина канавы (кювета), $h_{\text{выем}}$ – смещение оси трассы в профиле в выемку.

Схема расчёта варианта смещения оси трассы в профиле в выемку приведена на рисунке 3.8.

Введём прямоугольную систему координат XOY (рисунок 3.8): точка O с координатами $(0;0)$ совпадает с точкой 3_1 , ось OY направлена вверх, перпендикулярно основной площадке земляного полотна $2_1 - 3_1 - 4_1$, а ось OX направлена вправо и совпадает с основной площадкой земляного полотна $2_1 - 3_1 - 4_1$.

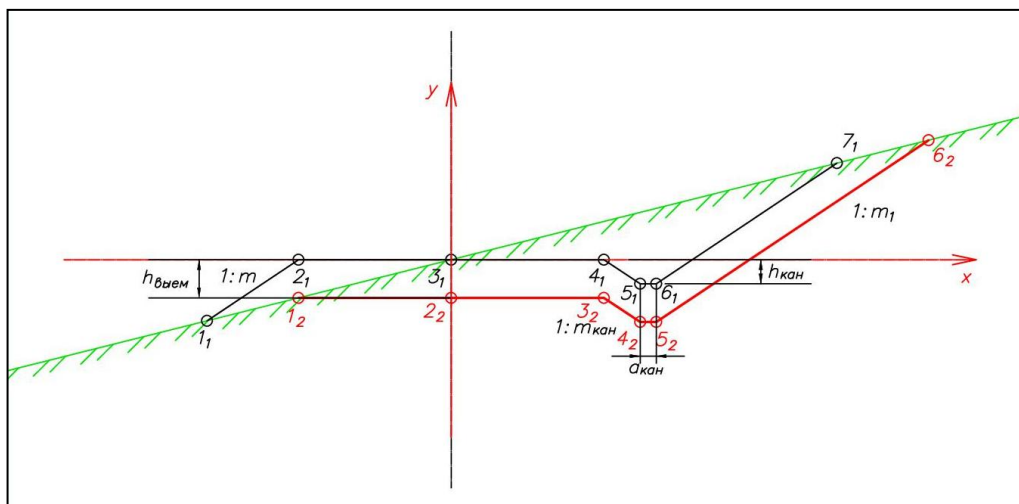


Рисунок А.3 - Схема расчёта варианта смещения оси трассы в профиле в выемку.

Чёрный цвет – вариант положения оси трассы «полунасыпь-полувыемка»; красный цвет – вариант смещения оси трассы в выемку при изменении продольного профиля

Координаты точек варианта положения оси трассы «полунасыпь-полувыемка» ($1_1 - 7_1$) были определены ранее. Вычислим координаты точек варианта смещения оси трассы в профиле в выемку ($1_2 - 6_2$).

- Точка 1_2

$$\begin{cases} y = -h_{\text{выем}} , \\ x = -0.5B . \end{cases}$$

- Точка 2_2

$$\begin{cases} y = -h_{\text{выем}} , \\ x = 0 . \end{cases}$$

- Точка 3_2

$$\begin{cases} y = -h_{\text{выем}} , \\ x = 0.5B . \end{cases}$$

- Точка 4_2

$$\begin{cases} y = -h_{\text{выем}} - h_{\text{кан}} , \\ x = 0.5B + h_{\text{кан}} \cdot m_{\text{кан}} . \end{cases}$$

- Точка 5_2

$$\begin{cases} y = -h_{\text{выем}} - h_{\text{кан}} , \\ x = 0.5B + h_{\text{кан}} \cdot m_{\text{кан}} + a_{\text{кан}} . \end{cases}$$

- Точка 6_2

$$\begin{cases} y = \frac{1}{k}x , \\ y = \frac{1}{m_1}x - b ; \end{cases}$$

$$b = \frac{1}{m_1}(0.5B + h_{\text{кан}} \cdot m_{\text{кан}} + a_{\text{кан}} + (h_{\text{выем}} + h_{\text{кан}}) \cdot m_1)$$

Возвращаемся к вычислению координат точки 6_2 :

$$\begin{cases} y = \frac{1}{k}x , \\ y = \frac{1}{m_1}x - b ; \end{cases} \quad \begin{cases} y = \frac{1}{k}x , \\ \frac{1}{m_1}x - \frac{1}{k}x = b ; \end{cases} \quad \begin{cases} y = \frac{1}{k}x , \\ x = \frac{b}{\frac{1}{m_1} - \frac{1}{k}} ; \end{cases} \quad \begin{cases} y = \frac{m_1 b}{k - m_1} , \\ x = \frac{m_1 k b}{k - m_1} ; \end{cases}$$

Подставляем b

$$\begin{cases} y = \frac{0.5B + h_{\text{кан}} \cdot m_{\text{кан}} + a_{\text{кан}} + (h_{\text{выем}} + h_{\text{кан}}) \cdot m_1}{k - m_1}, \\ x = \frac{k(0.5B + h_{\text{кан}} \cdot m_{\text{кан}} + a_{\text{кан}} + (h_{\text{выем}} + h_{\text{кан}}) \cdot m_1)}{k - m_1}. \end{cases}$$

Вариант смещения оси трассы в выемку при корректировке плана

Исходные данные: k – заложение откоса косогора, B – ширина основной площадки, m – уклон откоса насыпи, m_1 – уклон откоса выемки, $m_{\text{кан}}$ – уклон откоса канавы, $h_{\text{кан}}$ – глубина канавы (кювета), $a_{\text{кан}}$ – ширина канавы (кювета), $\Delta_{\text{выем}}$ – смещение оси в плане в выемку.

На рисунке 3.9 приведена схема расчета координат.

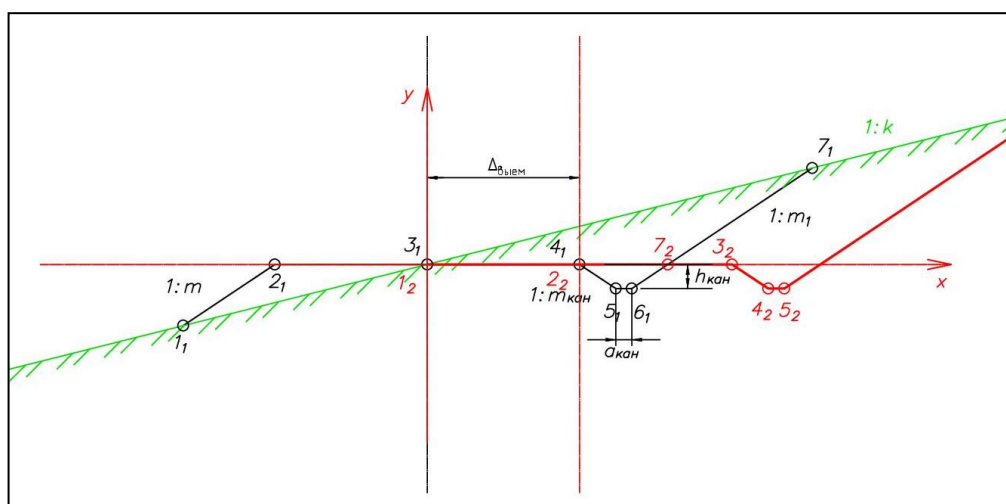


Рисунок А.4 - Схема расчёта варианта смещения оси трассы в плане в выемку.

Чёрный цвет – вариант положения оси трассы «полунасыпь-полувыемка»; красный цвет – вариант смещения оси трассы в выемку при изменении плана

Введём прямоугольную систему координат XOY : точка O с координатами $(0;0)$ совпадает с точкой 3_1 , ось OY направлена вверх, перпендикулярно основной площадке земляного полотна $2_1 - 3_1 - 4_1$, а ось OX направлена вправо и совпадает с основной площадкой земляного полотна $2_1 - 3_1 - 4_1$.

Координаты точек положения оси трассы «полунасыпь-полувыемка» ($1_1 - 7_1$) были определены ранее. Вычислим координаты точек варианта смещения оси трассы в профиле в выемку ($1_2 - 6_2$).

- Точка 1_2

$$\begin{cases} y = 0, \\ x = 0. \end{cases}$$

- Точка 2_2

$$\begin{cases} y = 0, \\ x = B - \Delta_{\text{выем}}. \end{cases}$$

- Точка 3_2

$$\begin{cases} y = 0, \\ x = B. \end{cases}$$

- Точка 4_2

$$\begin{cases} y = -h_{\text{кан}}, \\ x = B + h_{\text{кан}} \cdot m_{\text{кан}}. \end{cases}$$

- Точка 5_2

$$\begin{cases} y = -h_{\text{кан}}, \\ x = B + h_{\text{кан}} \cdot m_{\text{кан}} + a_{\text{кан}}. \end{cases}$$

- Точка 6_2

$$\begin{cases} y = \frac{1}{k} x, \\ y = \frac{1}{m_1} x - \frac{1}{m_1} (B + h_{\text{кан}} \cdot (m_{\text{кан}} + m_1) + a_{\text{кан}}); \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = \frac{(B + h_{\text{кан}} \cdot (m_{\text{кан}} + m_1) + a_{\text{кан}})}{k - m_1}, \\ x = \frac{k (B + h_{\text{кан}} \cdot (m_{\text{кан}} + m_1) + a_{\text{кан}})}{k - m_1}. \end{cases}$$

Дополнительная точка для определения объема работ по досыпке и вырезке земляного полотна:

- Точка 7₂

$$\begin{cases} y = 0, \\ x = B - \Delta_{\text{выем}} + h_{\text{кан}} \cdot (m_{\text{кан}} + m_1) + a_{\text{кан}} . \end{cases}$$

Расчёт варианта рыхления грунта склона при положении оси трассы на полунасыпи-полувыемке

Исходные данные: k – заложение откоса косогора, B – ширина основной площадки, m – уклон откоса насыпи, m_1 – уклон откоса выемки, $m_{\text{кан}}$ – уклон откоса канавы, $h_{\text{кан}}$ – глубина канавы (кювета), $a_{\text{кан}}$ – ширина канавы (кювета), $0,02$ – уклон площадки разрыхления.

Схема расчёта варианта рыхления грунта склона при положении оси трассы на полунасыпи-полувыемке представлена на рисунках 3.10 и 3.11.

Введём прямоугольную систему координат XOY : точка O с координатами $(0;0)$ совпадает с точкой 3_1 , ось OY направлена вверх, перпендикулярно основной площадке земляного полотна $2_1 - 3_1 - 4_1$, а ось OX направлена вправо и совпадает с основной площадкой земляного полотна $2_1 - 3_1 - 4_1$.

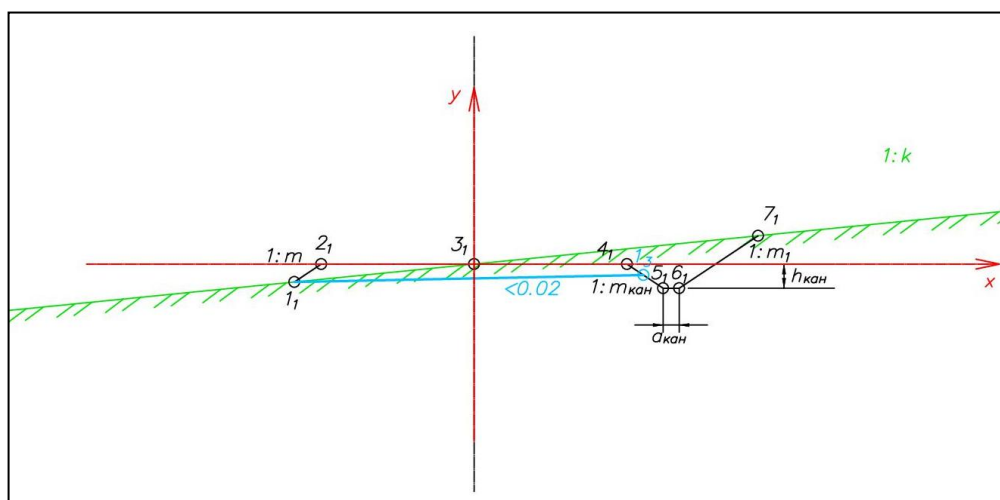


Рисунок А.5 - Схема для расчёта варианта рыхления грунта склона при положении оси трассы на полунасыпи-полувыемке. Чёрный цвет – вариант положения оси трассы «полунасыпь-полувыемка»; голубой цвет – вариант рыхления грунта склона при положении оси трассы на полунасыпи-полувыемке

Координаты точек положения оси трассы на полунасыпи-полувыемке ($1_1 - 7_1$) были определены ранее. Вычислим координату точки 1_3 :

• Точка 1₃

$$\begin{cases} y = -\frac{1}{m_{кан}}x + \frac{1}{m}0.5B, \\ y = 0.02x + (y_{1_1} - x_{1_1} \cdot 0.02); \end{cases} \quad \begin{cases} y = -\frac{1}{m_{кан}}x + \frac{1}{m_{кан}}0.5B, \\ y = 0.02x + \left(\frac{0.5B}{m-k} - \frac{0.5Bk}{m-k} \cdot 0.02\right); \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = -\frac{1}{m_{кан}}x + \frac{1}{m_{кан}}0.5B, \\ -\frac{1}{m_{кан}}x + \frac{1}{m}0.5B = 0.02x + \left(\frac{0.5B}{m-k} - \frac{0.5Bk}{m-k} \cdot 0.02\right); \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = -\frac{1}{m_{кан}}x + \frac{1}{m_{кан}}0.5B, \\ \frac{1}{m_{кан}}x + 0.02x = \left(\frac{0.5Bk}{m-k} \cdot 0.02 - \frac{0.5B}{m-k}\right) + \frac{1}{m_{кан}}0.5B; \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = -\frac{1}{m_{кан}}x + \frac{1}{m_{кан}}0.5B, \\ x\left(\frac{1}{m_{кан}} + 0.02\right) = 0.5B\left(\frac{1}{m_{кан}} - \frac{1}{m-k}(1-k \cdot 0.02)\right); \end{cases} \quad \begin{cases} y = -\frac{1}{m_{кан}}x + \frac{1}{m_{кан}}0.5B, \\ x = \frac{0.5B\left(\frac{1}{m_{кан}} - \frac{1}{m-k}(1-k \cdot 0.02)\right)}{\left(\frac{1}{m_{кан}} + 0.02\right)}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = 0.5B\left(\frac{\frac{1}{m_{кан}} - \frac{1}{m-k}(1-k \cdot 0.02)}{\frac{1}{m_{кан}} + 0.02}\right), \\ x = \frac{0.5B\left(\frac{1}{m_{кан}} - \frac{1}{m-k}(1-k \cdot 0.02)\right)}{\left(\frac{1}{m_{кан}} + 0.02\right)}. \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = 0.5B\left(\frac{\frac{1}{m_{кан}} - \frac{1}{m-k}(1-k \cdot 0.02)}{1 + 0.02 m_{кан}}\right), \\ x = \frac{0.5B\left(\frac{1}{m_{кан}} - \frac{1}{m-k}(1-k \cdot 0.02)\right)}{\left(\frac{1}{m_{кан}} + 0.02\right)}. \end{cases}$$

координаты точки 1_3 :

$$\begin{cases} y = 0.02 \cdot x + y_{1_1} - x_{1_1} \cdot 0.02, \\ x = x_{6_1}; \end{cases}$$

$$\begin{cases} y = 0.5B \left(0.02 - \frac{1}{m-k} (0.02k - 1) \right) + 0.02 \cdot (h_{кан} \cdot m_{кан} + a_{кан}), \\ x = h_{кан} \cdot m_{кан} + 0.5B + a_{кан}; \end{cases}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. РАСЧЁТ ОБЪЁМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ВАРИАНТОВ СМЕЩЕНИЯ ОСИ ТРАССЫ

Косогорные участки группы А подгруппы 1

Таблица Б.1 – Координаты точек при уклоне косогора 1:10

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,61	-0,46	1	-5,41	-0,54	1	-9,21	-0,92	1	-3,8	-0,38	1	0	0	1	-4,61	-0,46
2	-3,8	0	2	-3,8	0,38	2	-7,6	0	2	0	-0,38	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,38	3	-3,8	0	3	3,8	-0,38	7	6,3	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,38	4	0	0	4	4,7	-0,98	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,22	5	0,9	-0,6	5	5,1	-0,98	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,23	-0,28
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,22	6	1,3	-0,6	6	8,83	0,88	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	7,88	0,79	7	6,93	0,69	8	2,5	0				6	12,63	1,26	6	5,1	-0,6
						7	3,125	0,31							7	7,88	0,79

Таблица Б.2 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:10

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,88	3,50	3,50	0,00	0,00	0,88	0,88
Выемка	3,35	1,26	1,26	7,25	7,25	3,35	3,35
Рыхление						2,17	2,17
Стоимость							
Насыпь	182,91	731,63	731,63	0	0	182,91	182,91
Выемка	402,08	151,28	151,28	869,48	869,48	402,08	402,08
Рыхление						379,18	498,36
Общая стоимость	584,98	882,90	882,90	869,48	869,48	964,17	1083,34

Таблица Б.3 – Координаты точек при уклоне косогора 1:9

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,72	-0,52	1	-5,63	-0,63	1	-9,43	-1,05	1	-3,8	-0,42	1	0	0	1	-4,72	-0,52
2	-3,8	0	2	-3,8	0,42	2	-7,6	0	2	0	-0,42	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,42	3	-3,8	0	3	3,8	-0,42	7	6,3	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,42	4	0	0	4	4,7	-1,02	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,18	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,02	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,32	-0,34
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,18	6	1,3	-0,6	6	9,19	1,02	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
7	8,1	0,9	7	7,01	0,78	8	2,5	0				6	12,99	1,44	6	5,1	-0,6
						7	3,21	0,36							7	8,1	0,9

Таблица Б.4 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:9

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,00	3,98	3,98	0,00	0,00	1,00	1,00
Выемка	3,71	1,32	1,32	8,16	8,16	3,71	3,71
Рыхление						2,59	2,59
Стоимость							
Насыпь	208,14	832,54	832,54	0	0	208,14	208,14
Выемка	444,60	157,97	157,97	978,77	978,77	444,6	444,6
Рыхление						453,89	596,55
Общая стоимость	625,74	990,51	990,51	978,77	978,77	1106,63	1249,28

Таблица Б.5 – Координаты точек при уклоне косогора 1:8

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,86	-0,61	1	-5,93	-0,74	1	-9,73	-1,22	1	-3,8	-0,48	1	0	0	1	-4,86	-0,61
2	-3,8	0	2	-3,8	0,48	2	-7,6	0	2	0	-0,48	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,48	3	-3,8	0	3	3,8	-0,48	7	6,3	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,48	4	0	0	4	4,7	-1,08	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,13	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,08	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,43	-0,42
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,13	6	1,3	-0,6	6	9,67	1,21	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	8,4	1,05	7	7,13	0,89	8	2,5	0				6	13,47	1,68	6	5,1	-0,6
						7	3,33	0,42							7	8,4	1,05

Таблица Б.6 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:8

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,16	4,62	4,62	0,00	0,00	1,16	1,16
Выемка	4,18	1,39	1,39	9,37	9,37	4,18	4,18
Рыхление						3,18	3,18
Стоимость							
Насыпь	241,44	965,75	965,75	0	0	241,44	241,44
Выемка	501,30	166,90	166,90	1124,50	1124,50	501,30	501,30

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						555,80	730,48
Общая стоимость	742,74	1132,65	1132,65	1124,50	1124,50	1298,54	1473,22

Таблица Б.7 – Координаты точек при уклоне косогора 1:7

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-5,07	-0,72	1	-6,33	-0,90	1	-10,13	-1,45	1	-3,8	-0,54	1	0	0	1	-5,07	-0,72
2	-3,8	0	2	-3,8	0,54	2	-7,6	0	2	0	-0,54	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,54	3	-3,8	0	3	3,8	-0,54	7	6,3	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,54	4	0	0	4	4,7	-1,14	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,06	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,14	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,60	-0,53
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,06	6	1,3	-0,6	6	10,34	1,48	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	8,82	1,26	7	7,3	1,04	8	2,5	0				6	14,14	2,02	6	5,1	-0,6
						7	3,50	0,50							7	8,82	1,26

Таблица Б.8 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:7

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,38	5,50	5,50	0,00	0,00	1,38	1,38
Выемка	4,84	1,50	1,50	11,07	11,07	4,84	4,84
Рыхление						4,02	4,02
Стоимость							
Насыпь	287,42	1149,70	1149,70	0	0	287,42	287,42
Выемка	580,68	179,40	179,40	1328,52	1328,52	580,68	580,68
Рыхление						702,70	923,54
Общая стоимость	868,10	1329,10	1329,10	1328,52	1328,52	1570,80	1791,65

Таблица Б.9 – Координаты точек при уклоне косогора 1:6

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-5,36	-0,89	1	-6,93	-1,15	1	-10,73	-1,79	1	-3,8	-0,63	1	0	0	1	-5,36	-0,89
2	-3,8	0	2	-3,8	0,63	2	-7,6	0	2	0	-0,63	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,63	3	-3,8	0	3	3,8	-0,63	7	6,3	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,63	4	0	0	4	4,7	-1,23	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,03	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,23	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,03	6	1,3	-0,6	6	11,35	1,89	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	9,45	1,58	7	7,55	1,26	8	2,5	0				6	15,15	2,53	7	9,45	1,58
						7	3,75	0,63				1 ₃	5,1	-0,68			

Таблица Б.10 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:6

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,70	6,80	6,80	0,00	0,00	1,70	1,70
Выемка	5,83	1,65	1,65	13,62	13,62	5,83	5,83
Рыхление						5,35	5,35
Стоимость							
Насыпь	355,05	1420,22	1420,22	0	0	355,05	355,05
Выемка	699,75	198,15	198,15	1634,55	1634,55	699,75	699,75
Рыхление						936,82	1231,24
Общая стоимость	1054,80	1618,37	1618,37	1634,55	1634,55	1991,62	2286,05

Таблица Б.11 – Координаты точек при уклоне косогора 1:5

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-5,85	-1,17	1	-7,89	-1,58	1	-11,69	-2,34	1	-3,8	-0,76	1	0	0	1	-5,85	-1,17
2	-3,8	0	2	-3,8	0,76	2	-7,6	0	2	0	-0,76	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,76	3	-3,8	0	3	3,8	-0,76	7	6,3	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,76	4	0	0	4	4,7	-1,36	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,16	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,36	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,16	6	1,3	-0,6	6	13,03	2,61	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	10,5	2,1	7	7,97	1,59	8	2,5	0				6	16,83	3,37	7	10,5	2,1
						7	4,17	0,83							1 ₃	5,1	-0,95

Таблица Б.12 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:5

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	2,22	8,89	8,89	0,00	0,00	2,22	2,22
Выемка	7,49	1,91	1,91	17,87	17,87	7,49	7,49
Рыхление						7,67	7,67
Стоимость							
Насыпь	464,30	1857,21	1857,21	0	0	464,30	464,30
Выемка	898,20	229,40	229,40	2144,60	2144,60	898,20	898,20

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						1342,71	1764,71
Общая стоимость	1362,50	2086,61	2086,61	2144,60	2144,60	2705,21	3127,21

Таблица Б.13 – Координаты точек при уклоне косогра 1:4

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-6,76	-1,69	1	-9,71	-2,43	1	-13,51	-3,38	1	-3,8	-0,95	1	0	0	1	-6,76	-1,69
2	-3,8	0	2	-3,8	0,95	2	-7,6	0	2	0	-0,95	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,95	3	-3,8	0	3	3,8	-0,95	7	6,3	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,95	4	0	0	4	4,7	-1,55	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,35	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,55	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,35	6	1,3	-0,6	6	16,4	4,1	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	12,6	3,15	7	8,8	2,2	8	2,5	0				6	20,2	5,05	7	12,6	3,15
						7	5,00	1,25							1 ₃	5,1	-1,45

Таблица Б.14 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:4

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	3,21	12,84	12,84	0,00	0,00	3,21	3,21
Выемка	10,79	2,43	2,43	26,37	26,37	10,79	10,23
Рыхление						12,40	12,40
Стоимость							
Насыпь	670,66	2682,63	2682,63	0	0	670,66	670,66
Выемка	1295,10	291,90	291,90	3164,70	3164,70	1295,10	1295,10
Рыхление						2170,43	2852,57
Общая стоимость	1965,76	2974,53	2974,53	3164,7	3164,7	4136,19	4818,33

Таблица Б.15 – Координаты точек при уклоне косогора 1:3

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»		Вариант $h_{нас}$		Вариант $\Delta_{нас}$		Вариант $h_{выем}$		Вариант $\Delta_{выем}$		Вариант «Рыхление»							
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки				
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i			
1	-9,12	-3,04	1	-	-4,81	1	-18,24	-6,08	1	-3,8	-1,27	1	0	0	1	-9,12	-3,04
2	-3,8	0	2	-3,8	1,27	2	-7,6	0	2	0	-1,27	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	1,27	3	-3,8	0	3	3,8	-1,27	7	6,3	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	1,27	4	0	0	4	4,7	-1,87	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,67	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,87	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,67	6	1,3	-0,6	6	26,5	8,83	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	18,9	6,3	7	11,3	3,77	8	2,2	0				6	30,3	10,1	7	18,9	6,3
						7	7,5	2,5							1 ₃	5,1	-2,76

Таблица Б.16 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:3

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	5,78	23,10	23,10	0,00	0,00	5,78	5,78
Выемка	20,72	4,00	4,00	51,88	51,88	20,72	20,72
Рыхление						26,83	26,83
Стоимость							
Насыпь	1207,18	4828,74	4828,74	0	0	1207,18	1207,18
Выемка	2485,80	479,40	479,40	6225,00	6225,00	2485,80	2485,80
Рыхление						4696,01	6171,89
Общая стоимость	3692,98	5308,14	5308,14	6225,00	6225,00	8388,89	9864,88

Косогорные участки группы А подгруппы 2

Таблица Б.17 – Координаты точек при уклоне косогора 1:10

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,75	-0,48	1	-5,7	-0,57	1	-9,5	-0,95	1	-3,8	-0,38	1	0	0	1	-4,75	-0,48
2	-3,8	0	2	-3,8	0,38	2	-7,6	0	2	0	-0,38	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,38	3	-3,8	0	3	3,8	-0,38	7	6	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,38	4	0	0	4	4,7	-0,98	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,22	5	0,9	-0,6	5	5,1	-0,98	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,24	-0,30
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,22	6	1,3	-0,6	6	7,73	0,77	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	7,06	0,71	7	6,39	0,64	8	2,2	0				6	11,53	1,15	6	5,1	-0,6
						7	2,59	0,26							7	7,06	0,71

Таблица Б.18 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:10

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,90	3,61	3,61	0,00	0,00	0,90	0,90
Выемка	2,90	1,06	1,06	6,43	6,43	2,90	2,90
Рыхление						2,27	2,27
Стоимость							
Насыпь	188,62	754,49	754,49	0	0	188,62	188,62

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Выемка	347,72	127,76	127,76	771,53	771,53	347,72	347,72
Рыхление						397,14	521,96
Общая стоимость	536,34	882,25	882,25	771,53	771,53	933,48	1058,30

Таблица Б.19 – Координаты точек при уклоне косогора 1:9

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,89	-0,54	1	-5,97	-0,66	1	-9,77	-1,09	1	-3,8	-0,42	1	0	0	1	-4,89	-0,54
2	-3,8	0	2	-3,8	0,42	2	-7,6	0	2	0	-0,42	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,42	3	-3,8	0	3	3,8	-0,42	7	6	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,42	4	0	0	4	4,7	-1,02	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,18	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,02	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,34	-0,36
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,18	6	1,3	-0,6	6	7,96	0,88	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	7,2	0,8	7	6,44	0,72	8	2,2	0				6	11,76	1,31	6	5,1	-0,6
						7	2,64	0,29									

Таблица Б.20 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:9

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,03	4,13	4,13	0,00	0,00	1,03	1,03
Выемка	3,18	1,10	1,10	7,18	7,18	3,18	3,18
Рыхление						2,73	2,73
Стоимость							
Насыпь	215,57	862,27	862,27	0	0	215,57	215,57
Выемка	381,60	132,32	132,32	861,92	861,92	381,6	381,6
Рыхление						478,41	628,77
Общая стоимость	597,17	994,59	994,59	861,92	861,92	1075,58	1225,94

Таблица Б.21 – Координаты точек при уклоне косогора 1:8

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»		Вариант $h_{нас}$		Вариант $\Delta_{нас}$		Вариант $h_{выем}$		Вариант $\Delta_{выем}$		Вариант «Рыхление»							
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки				
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i			
1	-5,07	-0,63	1	-6,33	-0,79	1	-10,13	-1,27	1	-3,8	-0,48	1	0	0	1	-5,07	-0,63
2	-3,8	0	2	-3,8	0,48	2	-7,6	0	2	0	-0,48	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,48	3	-3,8	0	3	3,8	-0,48	7	6	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,48	4	0	0	4	4,7	-1,08	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,13	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,08	4	8,5	-0,6	1.3	4,46	-0,44

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,13	6	1,3	-0,6	6	8,26	1,03	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	7,38	0,92	7	6,51	0,81	8	2,2	0				6	12,06	1,51	6	5,1	-0,6
						7	2,71	0,34				7	7,38	0,92			

Таблица Б.22 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:8

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,20	4,81	4,81	0,00	0,00	1,20	1,20
Выемка	3,55	1,15	1,15	8,17	8,17	3,55	3,55
Рыхление						3,38	3,38
Стоимость							
Насыпь	251,50	1005,99	1005,99	0	0	251,50	251,50
Выемка	425,91	138,28	138,28	980,12	980,12	425,91	425,91
Рыхление						590,86	776,56
Общая стоимость	677,40	1144,26	1144,26	980,12	980,12	1268,26	1453,96

Таблица Б.23 – Координаты точек при уклоне косогора 1:7

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-5,32	-0,76	1	-6,84	-0,98	1	-10,64	-1,52	1	-3,8	-0,54	1	0	0	1	-5,32	-0,76
2	-3,8	0	2	-3,8	0,54	2	-7,6	0	2	0	-0,54	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,54	3	-3,8	0	3	3,8	-0,54	7	6	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,54	4	0	0	4	4,7	-1,14	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,06	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,14	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,64	-0,56
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,06	6	1,3	-0,6	6	8,67	1,24	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	7,64	1,09	7	6,6	0,94	8	2,2	0				6	12,47	1,78	6	5,1	-0,6
						7	2,8	0,4							7	7,64	1,09

Таблица Б.24 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:7

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,44	5,78	5,78	0,00	0,00	1,44	1,44
Выемка	4,05	1,22	1,22	9,51	9,51	4,05	4,05
Рыхление						4,32	4,32
Стоимость							
Насыпь	301,80	1207,18	1207,18	0	0	301,80	301,80
Выемка	486,33	146,40	146,40	1141,31	1141,31	486,33	486,33

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						756,14	993,78
Общая стоимость	788,12	1353,58	1353,58	1141,31	1141,31	1544,26	1781,90

Таблица Б.25 – Координаты точек при уклоне косогора 1:6

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-5,7	-0,95	1	-7,6	-1,27	1	-11,4	-1,9	1	-3,8	-0,63	1	0	0	1	-5,7	-0,95
2	-3,8	0	2	-3,8	0,63	2	-7,6	0	2	0	-0,63	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,63	3	-3,8	0	3	3,8	-0,63	7	6	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,63	4	0	0	4	4,7	-1,23	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,03	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,23	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,03	6	1,3	-0,6	6	9,27	1,54	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	8,0	1,33	7	6,73	1,12	8	2,2	0				6	13,07	2,18	7	8	1,33
						7	2,93	0,49							1 ₃	5,1	-0,73

Таблица Б.26 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:6

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,81	7,22	7,22	0,00	0,00	1,81	1,81
Выемка	4,78	1,32	1,32	11,45	11,45	4,78	4,78
Рыхление						5,88	5,88
Стоимость							
Насыпь	377,25	1508,98	1508,98	0	0	377,25	377,25
Выемка	573,60	158,13	158,13	1374,13	1374,13	573,60	573,60
Рыхление						1028,32	1351,50
Общая стоимость	950,85	1667,11	1667,11	1374,13	1374,13	1979,16	2302,35

Таблица Б.27 – Координаты точек при уклоне косогора 1:5

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»		Вариант $h_{нас}$		Вариант $\Delta_{нас}$		Вариант $h_{выем}$		Вариант $\Delta_{выем}$		Вариант «Рыхление»							
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки				
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i			
1	-6,33	-1,27	1	-8,87	-1,77	1	-12,67	-2,53	1	-3,8	-0,76	1	0	0	1	-6,33	-1,27
2	-3,8	0	2	-3,8	0,76	2	-7,6	0	2	0	-0,76	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,76	3	-3,8	0	3	3,8	-0,76	7	6	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,76	4	0	0	4	4,7	-1,36	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,16	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,36	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,16	6	1,3	-0,6	6	10,2	2,04	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	8,57	1,71	7	6,94	1,39	8	2,2	0				6	14,0	2,8	7	8,57	1,71
						7	3,14	0,63							1 ₃	5,1	-1,04

Таблица Б.28 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:5

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	2,41	9,63	9,63	0,00	0,00	2,41	2,41
Выемка	5,92	1,47	1,47	14,50	14,50	5,92	5,92
Рыхление						8,65	8,65
Стоимость							
Насыпь	502,99	2011,97	2011,97	0	0	502,99	502,99
Выемка	710,74	176,57	176,57	1740,00	1740,00	710,74	710,74
Рыхление						1514,43	1990,40
Общая стоимость	1213,74	2188,54	2188,54	1740,00	1740,00	2728,17	3204,13

Таблица Б.29 – Координаты точек при уклоне косогора 1:4

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-7,6	-1,9	1	-11,4	-2,85	1	-15,2	-3,8	1	-3,8	-0,95	1	0	0	1	-7,6	-1,9
2	-3,8	0	2	-3,8	0,95	2	-7,6	0	2	0	-0,95	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,95	3	-3,8	0	3	3,8	-0,95	7	6	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,95	4	0	0	4	4,7	-1,55	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,35	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,55	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,35	6	1,3	-0,6	6	11,88	2,97	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	9,6	2,4	7	7,32	1,83	8	2,2	0				6	15,68	3,92	7	9,6	2,4
						7	3,52	0,88							1.3	5,1	-1,65

Таблица Б.30 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:4

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	3,61	14,44	14,44	0,00	0,00	3,61	3,61
Выемка	7,98	1,75	1,75	19,99	19,99	7,98	7,98
Рыхление						14,79	14,79
Стоимость							
Насыпь	754,49	3017,96	3017,96	0	0	754,49	754,49
Выемка	957,60	209,76	209,76	2398,56	2398,56	957,60	957,60

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						2587,74	3401,03
Общая стоимость	1712,09	3227,72	3227,72	2398,56	2398,56	4299,83	5113,12

Таблица Б.31 – Координаты точек при уклоне косогра 1:3

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-11,4	-3,8	1	-19,0	-6,33	1	-22,8	-7,6	1	-3,8	-1,27	1	0	0	1	-11,4	-3,8
2	-3,8	0	2	-3,8	1,27	2	-7,6	0	2	0	-1,27	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	1,27	3	-3,8	0	3	3,8	-1,27	7	6	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	1,27	4	0	0	4	4,7	-1,87	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,67	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,87	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,67	6	1,3	-0,6	6	15,8	5,27	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	12,0	4,0	7	8,2	2,73	8	2,2	0				6	19,6	6,53	7	12,0	4,0
						7	4,4	1,47							1 ₃	5,1	-3,47

Таблица Б.32 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:3

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	7,22	28,88	28,88	0,00	0,00	7,22	7,22
Выемка	12,78	2,39	2,39	32,79	32,79	12,78	12,78
Рыхление						37,81	37,81
Стоимость							
Насыпь	1508,98	6035,92	6035,92	0	0	1508,98	1508,98
Выемка	1533,60	287,20	287,20	3935,20	3935,20	1533,60	1533,60
Рыхление						6616,31	8695,73
Общая стоимость	3042,58	6323,12	6323,12	3935,20	3935,20	9658,89	11738,31

Косогорные участки группы А подгруппы 3

Таблица Б.33 – Координаты точек при уклоне косогора 1:10

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,47	-0,45	1	-5,14	-0,51	1	-8,94	-0,89	1	-3,8	-0,38	1	0	0	1	-4,47	-0,45
2	-3,8	0	2	-3,8	0,38	2	-7,6	0	2	0	-0,38	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,38	3	-3,8	0	3	3,8	-0,38	7	6	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,38	4	0	0	4	4,7	-0,98	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,22	5	0,9	-0,6	5	5,1	-0,98	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,21	-0,27
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,22	6	1,3	-0,6	6	7,73	0,77	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	7,06	0,71	7	6,39	0,64	8	2,2	0				6	11,53	1,15	6	5,1	-0,6
						7	2,59	0,26							7	7,06	0,71

Таблица Б.34 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:10

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,85	3,40	3,40	0,00	0,00	0,85	0,85
Выемка	2,90	1,06	1,06	6,43	6,43	2,90	2,90
Рыхление						2,07	2,07
Стоимость							
Насыпь	177,53	710,11	710,11	0	0	177,53	177,53

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Выемка	347,72	127,76	127,76	771,53	771,53	347,72	347,72
Рыхление						362,58	476,53
Общая стоимость	525,24	837,87	837,87	771,53	771,53	887,82	1001,77

Таблица Б.35 – Координаты точек при уклоне косогора 1:9

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,56	-0,51	1	-5,32	-0,59	1	-9,12	-1,01	1	-3,8	-0,42	1	0	0	1	-4,56	-0,51
2	-3,8	0	2	-3,8	0,42	2	-7,6	0	2	0	-0,42	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,42	3	-3,8	0	3	3,8	-0,42	7	6	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,42	4	0	0	4	4,7	-1,02	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,18	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,02	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,29	-0,33
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,18	6	1,3	-0,6	6	7,96	0,88	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	7,2	0,8	7	6,44	0,72	8	2,2	0				6	11,76	1,31	6	5,1	-0,6
						7	2,64	0,29							7	7,2	0,8

Таблица Б.36 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:9

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,96	3,85	3,85	0,00	0,00	0,96	0,96
Выемка	3,18	1,10	1,10	7,18	7,18	3,18	3,18
Рыхление						2,47	2,47
Стоимость							
Насыпь	201,20	804,79	804,79	0	0	201,20	201,20
Выемка	381,60	132,32	132,32	861,92	861,92	381,6	381,6
Рыхление						431,47	567,08
Общая стоимость	582,80	937,11	937,11	861,92	861,92	1014,27	1149,87

Таблица Б.37 – Координаты точек при уклоне косогора 1:8

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,68	-0,58	1	-5,55	-0,69	1	-9,35	-1,17	1	-3,8	-0,48	1	0	0	1	-4,68	-0,58
2	-3,8	0	2	-3,8	0,48	2	-7,6	0	2	0	-0,48	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,48	3	-3,8	0	3	3,8	-0,48	7	6	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,48	4	0	0	4	4,7	-1,08	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,13	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,08	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,40	-0,40

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,13	6	1,3	-0,6	6	8,26	1,03	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	7,38	0,92	7	6,51	0,81	8	2,2	0				6	12,06	1,51	6	5,1	-0,6
						7	2,71	0,34				7	7,38	0,92			

Таблица Б.38 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:8

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,11	4,44	4,44	0,00	0,00	1,11	1,11
Выемка	3,55	1,15	1,15	8,17	8,17	3,55	3,55
Рыхление						3,00	3,00
Стоимость							
Насыпь	232,15	928,60	928,60	0	0	232,15	232,15
Выемка	425,91	138,28	138,28	980,12	980,12	425,91	425,91
Рыхление						524,21	688,97
Общая стоимость	658,06	1066,88	1066,88	980,12	980,12	1182,27	1347,03

Таблица Б.39 – Координаты точек при уклоне косогора 1:7

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,84	-0,69	1	-5,87	-0,84	1	-9,67	-1,38	1	-3,8	-0,54	1	0	0	1	-4,84	-0,69
2	-3,8	0	2	-3,8	0,54	2	-7,6	0	2	0	-0,54	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,54	3	-3,8	0	3	3,8	-0,54	7	6	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,54	4	0	0	4	4,7	-1,14	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,06	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,14	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,55	-0,50
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,06	6	1,3	-0,6	6	8,67	1,24	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	7,64	1,09	7	6,6	0,94	8	2,2	0				6	12,47	1,78	6	5,1	-0,6
						7	2,8	0,4							7	7,64	1,09

Таблица Б.40 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:7

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,31	5,25	5,25	0,00	0,00	1,31	1,31
Выемка	4,05	1,22	1,22	9,51	9,51	4,05	4,05
Рыхление						3,75	3,75
Стоимость							
Насыпь	274,36	1097,44	1097,44	0	0	274,36	274,36
Выемка	486,33	146,40	146,40	1141,31	1141,31	486,33	486,33

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						655,52	861,55
Общая стоимость	760,69	1243,84	1243,84	1141,31	1141,31	1416,21	1622,23

Таблица Б.41 – Координаты точек при уклоне косогра 1:6

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-5,07	-0,84	1	-6,33	-1,06	1	-10,13	-1,69	1	-3,8	-0,63	1	0	0	1	-5,07	-0,84
2	-3,8	0	2	-3,8	0,63	2	-7,6	0	2	0	-0,63	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,63	3	-3,8	0	3	3,8	-0,63	7	6,0	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,63	4	0	0	4	4,7	-1,23	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,03	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,23	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,03	6	1,3	-0,6	6	9,27	1,54	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	8,0	1,33	7	6,73	1,12	8	2,2	0				6	13,07	2,18	7	8,0	1,33
						7	2,93	0,49							1 ₃	5,1	-0,64

Таблица Б.42 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:6

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,60	6,42	6,42	0,00	0,00	1,60	1,60
Выемка	4,78	1,32	1,32	11,45	11,45	4,78	4,78
Рыхление						4,90	4,90
Стоимость							
Насыпь	335,33	1341,32	1341,32	0	0	335,33	335,33
Выемка	573,60	158,13	158,13	1374,13	1374,13	573,60	573,60
Рыхление						857,91	1127,53
Общая стоимость	908,93	1499,45	1499,45	1374,13	1374,13	1766,83	2036,46

Таблица Б.43 – Координаты точек при уклоне косогора 1:5

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»		Вариант $h_{нас}$		Вариант $\Delta_{нас}$		Вариант $h_{выем}$		Вариант $\Delta_{выем}$		Вариант «Рыхление»							
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки				
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i			
1	-5,43	-1,09	1	-7,06	-1,41	1	-10,86	-2,17	1	-3,8	-0,76	1	0	0	1	-5,43	-1,09
2	-3,8	0	2	-3,8	0,76	2	-7,6	0	2	0	-0,76	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,76	3	-3,8	0	3	3,8	-0,76	7	6,0	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,76	4	0	0	4	4,7	-1,36	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,16	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,36	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,16	6	1,3	-0,6	6	10,2	2,04	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	8,58	1,71	7	6,94	1,39	8	2,2	0				6	14,0	2,8	7	8,57	1,71
						7	3,14	0,63							1 ₃	5,1	-0,88

Таблица Б.44 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:5

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	2,06	8,25	8,25	0,00	0,00	2,06	2,06
Выемка	5,92	1,47	1,47	14,50	14,50	5,92	5,92
Рыхление						6,87	6,87
Стоимость							
Насыпь	431,14	1724,55	1724,55	0	0	431,14	431,14
Выемка	710,74	176,57	176,57	1740,00	1740,00	710,74	710,74
Рыхление						1201,48	1579,08
Общая стоимость	1141,88	1901,12	1901,12	1740,00	1740,00	2343,36	2720,96

Таблица Б.45 – Координаты точек при уклоне косогора 1:4

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-6,08	-1,52	1	-8,36	-2,09	1	-12,16	-3,04	1	-3,8	-0,95	1	0	0	1	-6,08	-1,52
2	-3,8	0	2	-3,8	0,95	2	-7,6	0	2	0	-0,95	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,95	3	-3,8	0	3	3,8	-0,95	7	6,0	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,95	4	0	0	4	4,7	-1,55	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,35	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,55	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,35	6	1,3	-0,6	6	11,88	2,97	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	9,6	2,4	7	7,32	1,83	8	2,2	0				6	15,68	3,92	7	9,6	2,4
						7	3,52	0,88							1 ₃	5,1	-1,30

Таблица Б.46 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:4

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	2,89	11,55	11,55	0,00	0,00	2,89	2,89
Выемка	7,98	1,75	1,75	19,99	19,99	7,98	7,98
Рыхление						10,61	10,61
Стоимость							
Насыпь	603,59	2414,37	2414,37	0	0	603,59	603,59
Выемка	957,60	209,76	209,76	2398,56	2398,56	957,60	957,60

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						1857,25	2440,96
Общая стоимость	1561,19	2624,13	2624,13	2398,56	2398,56	3418,45	4002,15

Таблица Б.47 – Координаты точек при уклоне косогра 1:3

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-7,6	-2,53	1	-11,4	-3,8	1	-15,2	-5,07	1	-3,8	-1,27	1	0	0	1	-7,6	-2,53
2	-3,8	0	2	-3,8	1,27	2	-7,6	0	2	0	-1,27	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	1,27	3	-3,8	0	3	3,8	-1,27	7	6,0	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	1,27	4	0	0	4	4,7	-1,87	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,67	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,87	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,67	6	1,3	-0,6	6	15,8	5,27	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	12,0	4,0	7	8,2	2,73	8	2,2	0				6	19,6	6,53	7	12,0	4,0
						7	4,4	1,47							1 ₃	5,1	-2,28

Таблица Б.48 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:3

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	4,81	19,25	19,25	0,00	0,00	4,81	4,81
Выемка	12,78	2,39	2,39	32,79	32,79	12,78	12,78
Рыхление						20,42	20,42
Стоимость							
Насыпь	1005,99	4023,95	4023,95	0	0	1005,99	1005,99
Выемка	1533,60	287,20	287,20	3935,20	3935,20	1533,60	1533,60
Рыхление						3574,16	4697,47
Общая стоимость	2539,59	4311,15	4311,15	3935,20	3935,20	6113,75	7237,05

Косогорные участки группы А подгруппы 4

Таблица Б.49 – Координаты точек при уклоне косогора 1:10

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,47	-0,45	1	-5,14	-0,51	1	-8,94	-0,89	1	-3,8	-0,38	1	0	0	1	-4,47	-0,45
2	-3,8	0	2	-3,8	0,38	2	-7,6	0	2	0	-0,38	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,38	3	-3,8	0	3	3,8	-0,38	7	5,7	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,38	4	0	0	4	4,7	-0,98	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,22	5	0,9	-0,6	5	5,1	-0,98	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,21	-0,27
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,22	6	1,3	-0,6	6	6,76	0,68	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	6,33	0,63	7	5,91	0,59	8	1,9	0				6	10,56	1,06	6	5,1	-0,6
						7	2,11	0,21							7	6,33	0,63

Таблица Б.50 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:10

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,85	3,40	3,40	0,00	0,00	0,85	0,85
Выемка	2,50	0,89	0,89	5,70	5,70	2,50	2,50
Рыхление						2,07	2,07
Стоимость							
Насыпь	177,53	710,11	710,11	0	0	177,53	177,53

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Выемка	299,40	106,87	106,87	684,47	684,47	299,40	299,40
Рыхление						362,58	476,53
Общая стоимость	476,93	816,97	816,97	684,47	684,47	839,50	953,46

Таблица Б.51 – Координаты точек при уклоне косогора 1:9

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,56	-0,51	1	-5,32	-0,59	1	-9,12	-1,01	1	-3,8	-0,42	1	0	0	1	-4,56	-0,51
2	-3,8	0	2	-3,8	0,42	2	-7,6	0	2	0	-0,42	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,42	3	-3,8	0	3	3,8	-0,42	7	5,7	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,42	4	0	0	4	4,7	-1,02	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,18	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,02	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,29	-0,33
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,18	6	1,3	-0,6	6	6,89	0,77	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	6,41	0,71	7	5,94	0,66	8	1,9	0				6	10,69	1,19	6	5,1	-0,6
						7	2,14	0,24							7	6,41	0,71

Таблица Б.52 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:9

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,96	3,85	3,85	0,00	0,00	0,96	0,96
Выемка	2,72	0,92	0,92	6,33	6,33	2,72	2,72
Рыхление						2,47	2,47
Стоимость							
Насыпь	201,20	804,79	804,79	0	0	201,20	201,20
Выемка	326,48	109,88	109,88	759,68	759,68	326,48	326,48
Рыхление						431,47	567,08
Общая стоимость	527,67	914,66	914,66	759,68	759,68	959,14	1094,75

Таблица Б.53 – Координаты точек при уклоне косогора 1:8

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»		Вариант $h_{\text{нас}}$		Вариант $\Delta_{\text{нас}}$		Вариант $h_{\text{выем}}$		Вариант $\Delta_{\text{выем}}$		Вариант «Рыхление»							
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки				
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i			
1	-4,68	-0,58	1	-5,55	-0,69	1	-9,35	-1,17	1	-3,8	-0,48	1	0	0	1	-4,68	-0,58
2	-3,8	0	2	-3,8	0,48	2	-7,6	0	2	0	-0,48	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,48	3	-3,8	0	3	3,8	-0,48	7	5,7	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,48	4	0	0	4	4,7	-1,08	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,13	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,08	4	8,5	-0,6	1.3	4,40	-0,40

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,13	6	1,3	-0,6	6	7,06	0,88	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	6,51	0,81	7	5,97	0,75	8	1,9	0				6	10,86	1,36	6	5,1	-0,6
						7	2,17	0,27							7	6,51	0,81

Таблица Б.54 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:8

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,11	4,44	4,44	0,00	0,00	1,11	1,11
Выемка	3,01	0,95	0,95	7,14	7,14	3,01	3,01
Рыхление						3,00	3,00
Стоимость							
Насыпь	232,15	928,60	928,60	0	0	232,15	232,15
Выемка	361,29	113,74	113,74	856,37	856,37	361,29	361,29
Рыхление						524,21	688,97
Общая стоимость	593,44	1042,35	1042,35	856,37	856,37	1117,65	1282,40

Таблица Б.55 – Координаты точек при уклоне косогора 1:7

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,84	-0,69	1	-5,87	-0,84	1	-9,67	-1,38	1	-3,8	-0,54	1	0	0	1	-4,84	-0,69
2	-3,8	0	2	-3,8	0,54	2	-7,6	0	2	0	-0,54	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,54	3	-3,8	0	3	3,8	-0,54	7	5,7	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,54	4	0	0	4	4,7	-1,14	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,06	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,14	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,55	-0,50
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,06	6	1,3	-0,6	6	7,28	1,04	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	6,65	0,95	7	6,02	0,86	8	1,9	0				6	11,08	1,58	6	5,1	-0,6
						7	2,22	0,32							7	6,65	0,95

Таблица Б.56 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:7

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,31	5,25	5,25	0,00	0,00	1,31	1,31
Выемка	3,40	0,99	0,99	8,21	8,21	3,40	3,40
Рыхление						3,75	3,75
Стоимость							
Насыпь	274,36	1097,44	1097,44	0	0	274,36	274,36
Выемка	407,70	118,90	118,90	985,30	985,30	407,70	407,70
Рыхление						655,52	861,55

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Общая стоимость	682,06	1216,34	1216,34	985,30	985,30	1365,48	1571,51

Таблица Б.57 – Координаты точек при уклоне косогора 1:6

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-5,07	-0,84	1	-6,33	-1,06	1	-10,13	-1,69	1	-3,8	-0,63	1	0	0	1	-5,07	-0,84
2	-3,8	0	2	-3,8	0,63	2	-7,6	0	2	0	-0,63	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,63	3	-3,8	0	3	3,8	-0,63	7	5,7	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,63	4	0	0	4	4,7	-1,23	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,03	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,23	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,03	6	1,3	-0,6	6	7,6	1,27	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	6,84	1,14	7	6,08	1,01	8	1,9	0				6	11,40	1,90	7	6,84	1,14
						7	2,28	0,38							1 ₃	5,1	-0,64

Таблица Б.58 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:6

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,60	6,42	6,42	0,00	0,00	1,60	1,60
Выемка	3,94	1,05	1,05	9,72	9,72	3,94	3,94
Рыхление						4,90	4,90
Стоимость							
Насыпь	335,33	1341,32	1341,32	0	0	335,33	335,33
Выемка	472,68	126,12	126,12	1165,80	1165,80	472,68	472,68
Рыхление						857,91	1127,53
Общая стоимость	808,01	1467,44	1467,44	1165,80	1165,80	1665,91	1935,54

Таблица Б.59 – Координаты точек при уклоне косогора 1:5

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-5,43	-1,09	1	-7,06	-1,41	1	-10,86	-2,17	1	-3,8	-0,76	1	0	0	1	-5,43	-1,09
2	-3,8	0	2	-3,8	0,76	2	-7,6	0	2	0	-0,76	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,76	3	-3,8	0	3	3,8	-0,76	7	5,7	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,76	4	0	0	4	4,7	-1,36	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,16	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,36	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,16	6	1,3	-0,6	6	8,08	1,62	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
7	7,13	1,43	7	6,18	1,24	8	1,9	0				6	11,88	2,38	7	7,13	1,43
						7	2,38	0,48							1 ₃	5,1	-0,88

Таблица Б.60 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:5

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	2,06	8,25	8,25	0,00	0,00	2,06	2,06
Выемка	4,75	1,14	1,14	11,97	11,97	4,75	4,75
Рыхление						6,87	6,87
Стоимость							
Насыпь	431,14	1724,55	1724,55	0	0	431,14	431,14
Выемка	570,15	136,95	136,95	1436,55	1436,55	570,15	570,15
Рыхление						1201,48	1579,08
Общая стоимость	1001,29	1861,50	1861,50	1436,55	1436,55	2202,76	2580,37

Таблица Б.61 – Координаты точек при уклоне косогора 1:4

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-6,08	-1,52	1	-8,36	-2,09	1	-12,16	-3,04	1	-3,8	-0,95	1	0	0	1	-6,08	-1,52
2	-3,8	0	2	-3,8	0,95	2	-7,6	0	2	0	-0,95	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,95	3	-3,8	0	3	3,8	-0,95	7	5,7	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,95	4	0	0	4	4,7	-1,55	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,35	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,55	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,35	6	1,3	-0,6	6	8,87	2,22	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	7,60	1,90	7	6,33	1,58	8	1,9	0				6	12,67	3,17	7	7,6	1,9
						7	2,53	0,63							1 ₃	5,1	-1,30

Таблица Б.62 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:4

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	2,89	11,55	11,55	0,00	0,00	2,89	2,89
Выемка	6,11	1,29	1,29	15,73	15,73	6,11	6,11
Рыхление						10,61	10,61
Стоимость							
Насыпь	603,59	2414,37	2414,37	0	0	603,59	603,59
Выемка	732,60	155,00	155,00	1887,80	1887,80	732,60	732,60

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						1857,25	2440,96
Общая стоимость	1336,19	2569,37	2569,37	1887,80	1887,80	3193,45	3777,15

Таблица Б.63 – Координаты точек при уклоне косогра 1:3

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-7,6	-2,53	1	-11,4	-3,8	1	-15,2	-5,07	1	-3,8	-1,27	1	0	0	1	-7,6	-2,53
2	-3,8	0	2	-3,8	1,27	2	-7,6	0	2	0	-1,27	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	1,27	3	-3,8	0	3	3,8	-1,27	7	5,7	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	1,27	4	0	0	4	4,7	-1,87	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,67	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,87	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,67	6	1,3	-0,6	6	10,45	3,48	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	8,55	2,85	7	6,65	2,22	8	1,9	0				6	14,25	4,75	7	8,55	2,85
						7	2,85	0,95							1 ₃	5,1	-2,28

Таблица Б.64 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:3

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	4,81	19,25	19,25	0,00	0,00	4,81	4,81
Выемка	8,81	1,59	1,59	23,25	23,25	8,81	8,81
Рыхление						20,42	20,42
Стоимость							
Насыпь	1005,99	4023,95	4023,95	0	0	1005,99	1005,99
Выемка	1057,50	191,10	191,10	2790,30	2790,30	1057,50	1057,50
Рыхление						3574,16	4697,47
Общая стоимость	2063,49	4215,05	4215,05	2790,30	2790,30	5637,65	6760,95

Косогорные участки группы А подгруппы 5

Таблица Б.65 – Координаты точек при уклоне косогора 1:10

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,75	-0,475	1	-5,7	-0,57	1	-9,5	-0,95	1	-3,8	-0,38	1	0	0	1	-4,75	-0,48
2	-3,8	0	2	-3,8	0,38	2	-7,6	0	2	0	-0,38	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,38	3	-3,8	0	3	3,8	-0,38	7	6,15	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,38	4	0	0	4	4,7	-0,98	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,22	5	0,9	-0,6	5	5,1	-0,98	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,24	-0,30
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,22	6	1,3	-0,6	6	8,26	0,83	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	7,45	0,75	7	6,65	0,66	8	2,35	0				6	12,06	1,21	6	5,1	-0,6
						7	2,85	0,28							7	7,45	0,75

Таблица Б.66 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:10

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,90	3,61	3,61	0,00	0,00	0,90	0,90
Выемка	3,12	1,16	1,16	6,83	6,83	3,12	3,12
Рыхление						2,27	2,27
Стоимость							
Насыпь	188,62	754,49	754,49	0	0	188,62	188,62

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Выемка	374,07	139,16	139,16	819,02	819,02	374,07	374,07
Рыхление						397,14	521,96
Общая стоимость	562,70	893,65	893,65	819,02	819,02	959,84	1084,66

Таблица Б.67 – Координаты точек при уклоне косогора 1:9

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,89	-0,54	1	-5,97	-0,66	1	-9,77	-1,09	1	-3,8	-0,42	1	0	0	1	-4,89	-0,54
2	-3,8	0	2	-3,8	0,42	2	-7,6	0	2	0	-0,42	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,42	3	-3,8	0	3	3,8	-0,42	7	6,15	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,42	4	0	0	4	4,7	-1,02	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,18	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,02	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,34	-0,36
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,18	6	1,3	-0,6	6	8,55	0,95	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	7,63	0,85	7	6,72	0,75	8	2,35	0				6	12,35	1,37	6	5,1	-0,6
						7	2,92	0,32							7	7,63	0,85

Таблица Б.68 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:9

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,03	4,13	4,13	0,00	0,00	1,03	1,03
Выемка	3,43	1,21	1,21	7,65	7,65	3,43	3,43
Рыхление						2,73	2,73
Стоимость							
Насыпь	215,57	862,27	862,27	0	0	215,57	215,57
Выемка	412,01	144,70	144,70	918,33	918,33	412,01	412,01
Рыхление						478,41	628,77
Общая стоимость	627,58	1006,98	1006,98	918,33	918,33	1105,99	1256,35

Таблица Б.69 – Координаты точек при уклоне косогора 1:8

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»		Вариант $h_{нас}$		Вариант $\Delta_{нас}$		Вариант $h_{выем}$		Вариант $\Delta_{выем}$		Вариант «Рыхление»							
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки				
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i			
1	-5,07	-0,63	1	-6,33	-0,79	1	-10,13	-1,27	1	-3,8	-0,48	1	0	0	1	-5,07	-0,63
2	-3,8	0	2	-3,8	0,475	2	-7,6	0	2	0	-0,48	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,48	3	-3,8	0	3	3,8	-0,48	7	6,15	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,48	4	0	0	4	4,7	-1,08	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,13	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,08	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,46	-0,44

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,13	6	1,3	-0,6	6	8,94	1,12	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	7,87	0,98	7	6,81	0,85	8	2,35	0				6	12,74	1,59	6	5,1	-0,6
						7	3,01	0,38							7	7,87	0,98

Таблица Б.70 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:8

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,20	4,81	4,81	0,00	0,00	1,20	1,20
Выемка	3,85	1,27	1,27	8,75	8,75	3,85	3,85
Рыхление						3,38	3,38
Стоимость							
Насыпь	251,50	1005,99	1005,99	0	0	251,50	251,50
Выемка	462,10	152,02	152,02	1049,42	1049,42	462,10	462,10
Рыхление						590,86	776,56
Общая стоимость	713,59	1158,00	1158,00	1049,42	1049,42	1304,45	1490,15

Таблица Б.71 – Координаты точек при уклоне косогора 1:7

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-5,32	-0,76	1	-6,84	-0,98	1	-10,64	-1,52	1	-3,8	-0,54	1	0	0	1	-5,32	-0,76
2	-3,8	0	2	-3,8	0,54	2	-7,6	0	2	0	-0,54	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,54	3	-3,8	0	3	3,8	-0,54	7	6,15	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,54	4	0	0	4	4,7	-1,14	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	-0,06	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,14	4	8,5	-0,6	1 ₃	4,64	-0,56
6	5,1	-0,6	6	5,1	-0,06	6	1,3	-0,6	6	9,47	1,35	5	8,9	-0,6	5	4,7	-0,6
7	8,20	1,17	7	6,93	0,99	8	2,35	0				6	13,27	1,90	6	5,1	-0,6
						7	3,13	0,45							7	8,2	1,17

Таблица Б.72 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:7

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,44	5,78	5,78	0,00	0,00	1,44	1,44
Выемка	4,43	1,35	1,35	10,25	10,25	4,43	4,43
Рыхление						4,32	4,32
Стоимость							
Насыпь	301,80	1207,18	1207,18	0	0	301,80	301,80
Выемка	531,26	162,11	162,11	1230,46	1230,46	531,26	531,26

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						756,14	993,78
Общая стоимость	833,05	1369,30	1369,30	1230,46	1230,46	1589,19	1826,83

Таблица Б.73 – Координаты точек при уклоне косогора 1:6

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-5,7	-0,95	1	-7,6	-1,27	1	-11,4	-1,9	1	-3,8	-0,63	1	0	0	1	-5,7	-0,95
2	-3,8	0	2	-3,8	0,63	2	-7,6	0	2	0	-0,63	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,63	3	-3,8	0	3	3,8	-0,63	7	6,15	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,63	4	0	0	4	4,7	-1,23	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,03	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,23	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,03	6	1,3	-0,6	6	10,25	1,71	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	8,68	1,45	7	7,12	1,19	8	2,35	0				6	14,05	2,34	7	8,68	1,45
						7	3,32	0,55							1 ₃	5,1	-0,73

Таблица Б.74 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:6

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,81	7,22	7,22	0,00	0,00	1,81	1,81
Выемка	5,27	1,47	1,47	12,47	12,47	5,27	5,27
Рыхление						5,88	5,88
Стоимость							
Насыпь	377,25	1508,98	1508,98	0	0	377,25	377,25
Выемка	632,96	176,96	176,96	1496,68	1496,68	632,96	632,96
Рыхление						1028,32	1351,50
Общая стоимость	1010,21	1685,94	1685,94	1496,68	1496,68	2038,53	2361,71

Таблица Б.75 – Координаты точек при уклоне косогора 1:5

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»		Вариант $h_{нас}$		Вариант $\Delta_{нас}$		Вариант $h_{выем}$		Вариант $\Delta_{выем}$		Вариант «Рыхление»							
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки				
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i			
1	-6,33	-1,27	1	-8,87	-1,77	1	-12,67	-2,53	1	-3,8	-0,76	1	0	0	1	-6,33	-1,27
2	-3,8	0	2	-3,8	0,76	2	-7,6	0	2	0	-0,76	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,76	3	-3,8	0	3	3,8	-0,76	7	6,15	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,76	4	0	0	4	4,7	-1,36	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,16	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,36	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,16	6	1,3	-0,6	6	11,51	2,30	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	9,46	1,89	7	7,42	1,48	8	2,35	0				6	15,31	3,06	7	9,46	1,89
						7	3,62	0,72							1 ₃	5,1	-1,04

Таблица Б.76 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:5

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	2,41	9,63	9,63	0,00	0,00	2,41	2,41
Выемка	6,64	1,67	1,67	16,06	16,06	6,64	6,64
Рыхление						8,65	8,65
Стоимость							
Насыпь	502,99	2011,97	2011,97	0	0	502,99	502,99
Выемка	797,26	200,95	200,95	1926,74	1926,74	797,26	797,15
Рыхление						1514,43	1990,40
Общая стоимость	1300,25	2212,93	2212,93	1926,74	1926,74	2814,69	3290,65

Таблица Б.77 – Координаты точек при уклоне косогора 1:4

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-7,6	-1,9	1	-11,4	-2,85	1	-15,2	-3,8	1	-3,8	-0,95	1	0	0	1	-7,6	-1,9
2	-3,8	0	2	-3,8	0,95	2	-7,6	0	2	0	-0,95	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	0,95	3	-3,8	0	3	3,8	-0,95	7	6,15	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	0,95	4	0	0	4	4,7	-1,55	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,35	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,55	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,35	6	1,3	-0,6	6	13,89	3,47	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	10,93	2,73	7	7,98	1,99	8	2,35	0				6	17,69	4,42	7	10,93	2,73
						7	4,18	1,04							1 ₃	5,1	-1,65

Таблица Б.78 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:4

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	3,61	14,44	14,44	0,00	0,00	3,61	3,61
Выемка	9,23	2,05	2,05	22,83	22,83	9,23	9,23
Рыхление						14,79	14,79
Стоимость							
Насыпь	754,49	3017,96	3017,96	0	0	754,49	754,49
Выемка	1077,60	246,27	246,27	2739,07	2739,07	1077,60	1077,60

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						2587,74	3401,03
Общая стоимость	1862,09	3264,23	3264,23	2739,07	2793,07	4449,83	5263,12

Таблица Б.79 – Координаты точек при уклоне косогра 1:3

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-11,4	-3,8	1	-19	-6,33	1	-22,8	-7,6	1	-3,8	-1,27	1	0	0	1	-11,4	-3,8
2	-3,8	0	2	-3,8	1,27	2	-7,6	0	2	0	-1,27	2	3,8	0	2	-3,8	0
3	0	0	3	0	1,27	3	-3,8	0	3	3,8	-1,27	7	6,15	0	3	0	0
4	3,8	0	4	3,8	1,27	4	0	0	4	4,7	-1,87	3	7,6	0	4	3,8	0
5	4,7	-0,6	5	4,7	0,67	5	0,9	-0,6	5	5,1	-1,87	4	8,5	-0,6	5	4,7	-0,6
6	5,1	-0,6	6	5,1	0,67	6	1,3	-0,6	6	20,08	6,69	5	8,9	-0,6	6	5,1	-0,6
7	14,76	4,92	7	9,44	3,15	8	2,35	0				6	23,88	7,96	7	14,76	4,92
						7	5,64	1,88							1 ₃	5,1	-3,47

Таблица Б.80 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:3

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	7,22	28,88	28,88	0,00	0,00	7,22	7,22
Выемка	15,95	3,03	3,03	40,43	40,43	15,95	15,95
Рыхление						37,81	37,81
Стоимость							
Насыпь	1508,98	6035,92	6035,92	0	0	1508,98	1508,98
Выемка	1914,48	364,08	364,08	4851,12	4851,12	1914,48	1914,48
Рыхление						6616,31	8695,73
Общая стоимость	3423,46	6400,00	6400,00	4851,12	4851,12	10039,77	12119,19

Косогорные участки группы Б подгруппы 1

Таблица Б.81 – Координаты точек при уклоне косогора 1:10

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-3,88	-0,39	1	-4,46	-0,45	1	-7,76	-0,78	1	-3,3	-0,33	1	0	0	1	-3,88	-0,39
2	-3,3	0	2	-3,3	0,33	2	-6,6	0	2	0	-0,33	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,33	3	-3,3	0	3	3,3	-0,33	7	5,5	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,33	4	0	0	4	4,2	-0,93	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	-0,27	5	0,9	-0,6	5	4,6	-0,93	4	7,5	-0,6	1 ₃	3,66	-0,24
6	4,6	-0,6	6	4,6	-0,27	6	1,3	-0,6	6	7,05	0,71	5	7,9	-0,6	5	4,2	-0,6
7	6,47	0,65	7	5,89	0,59	8	2,2	0				6	10,35	1,04	6	4,6	-0,6
						7	2,59	0,26							7	6,47	0,65

Таблица Б.82 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:10

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,64	2,56	2,56	0,00	0,00	0,64	0,64
Выемка	2,56	1,06	1,06	5,34	5,34	2,56	2,56
Рыхление						1,56	1,56
Стоимость							
Насыпь	133,88	535,53	535,53	0	0	133,88	133,88

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Выемка	307,13	127,76	127,76	640,24	640,24	307,13	307,13
Рыхление						273,44	359,38
Общая стоимость	441,01	663,30	663,30	640,24	640,24	714,45	800,39

Таблица Б.83 – Координаты точек при уклоне косогора 1:9

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-3,96	-0,44	1	-4,62	-0,51	1	-7,92	-0,88	1	-3,3	-0,37	1	0	0	1	-3,96	-0,44
2	-3,3	0	2	-3,3	0,37	2	-6,6	0	2	0	-0,37	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,37	3	-3,3	0	3	3,3	-0,37	7	5,5	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,37	4	0	0	4	4,2	-0,97	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	-0,23	5	0,9	-0,6	5	4,6	-0,97	4	7,5	-0,6	1 ₃	3,73	-0,29
6	4,6	-0,6	6	4,6	-0,23	6	1,3	-0,6	6	7,26	0,81	5	7,9	-0,6	5	4,2	-0,6
7	6,60	0,73	7	5,94	0,66	8	2,2	0				6	10,56	1,17	6	4,6	-0,6
						7	2,64	0,29							7	6,6	0,73

Таблица Б.84 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:9

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,73	2,90	2,90	0,00	0,00	0,73	0,73
Выемка	2,80	1,10	1,10	5,94	5,94	2,80	2,80
Рыхление						1,86	1,86
Стоимость							
Насыпь	151,73	606,94	606,94	0	0	151,73	151,73
Выемка	335,60	132,32	132,32	713,12	713,12	335,6	335,6
Рыхление						325,40	427,66
Общая стоимость	487,33	739,26	739,26	713,12	713,12	812,73	915,00

Таблица Б.85 – Координаты точек при уклоне косогора 1:8

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,06	-0,51	1	-4,82	-0,60	1	-8,12	-1,02	1	-3,3	-0,41	1	0	0	1	-4,06	-0,51
2	-3,3	0	2	-3,3	0,41	2	-6,6	0	2	0	-0,41	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,41	3	-3,3	0	3	3,3	-0,41	7	5,5	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,41	4	0	0	4	4,2	-1,01	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	-0,19	5	0,9	-0,6	5	4,6	-1,01	4	7,5	-0,6	1 ₃	3,82	-0,35

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
6	4,6	-0,6	6	4,6	-0,19	6	1,3	-0,6	6	7,53	0,94	5	7,9	-0,6	5	4,2	-0,6
7	6,77	0,85	7	6,01	0,75	8	2,2	0				6	10,83	1,35	6	4,6	-0,6
						7	2,71	0,34							7	6,77	0,85

Таблица Б.86 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:8

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,84	3,35	3,35	0,00	0,00	0,84	0,84
Выемка	3,11	1,15	1,15	6,74	6,74	3,11	3,11
Рыхление						2,26	2,26
Стоимость							
Насыпь	175,08	700,31	700,31	0	0	175,08	175,08
Выемка	372,83	138,28	138,28	808,43	808,43	372,83	372,83
Рыхление						395,34	519,59
Общая стоимость	547,91	838,59	838,59	808,43	808,43	943,25	1067,50

Таблица Б.87 – Координаты точек при уклоне косогора 1:7

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,2	-0,6	1	-5,1	-0,73	1	-8,4	-1,2	1	-3,3	-0,47	1	0	0	1	-4,2	-0,6
2	-3,3	0	2	-3,3	0,47	2	-6,6	0	2	0	-0,47	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,47	3	-3,3	0	3	3,3	-0,47	7	5,5	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,47	4	0	0	4	4,2	-1,07	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	-0,13	5	0,9	-0,6	5	4,6	-1,07	4	7,5	-0,6	1 ₃	3,96	-0,44
6	4,6	-0,6	6	4,6	-0,13	6	1,3	-0,6	6	7,9	1,13	5	7,9	-0,6	5	4,2	-0,6
7	7,0	1,0	7	6,1	0,87	8	2,2	0				6	11,2	1,6	6	4,6	-0,6
						7	2,80	0,40							7	7,0	1,0

Таблица Б.88 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:7

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,99	3,96	3,96	0,00	0,00	0,99	0,99
Выемка	3,53	1,22	1,22	7,82	7,82	3,53	3,53
Рыхление						2,82	2,82
Стоимость							
Насыпь	206,91	827,64	827,64	0	0	206,91	206,91
Выемка	423,60	146,40	146,40	938,40	938,40	423,60	423,60

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						494,37	649,74
Общая стоимость	630,51	974,04	974,04	938,40	938,40	1124,88	1280,25

Таблица Б.89 – Координаты точек при уклоне косогора 1:6

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,4	-0,73	1	-5,5	-0,92	1	-8,8	-1,47	1	-3,3	-0,55	1	0	0	1	-4,4	-0,73
2	-3,3	0	2	-3,3	0,55	2	-6,6	0	2	0	-0,55	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,55	3	-3,3	0	3	3,3	-0,55	7	5,5	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,55	4	0	0	4	4,2	-1,15	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	-0,05	5	0,9	-0,6	5	4,6	-1,15	4	7,5	-0,6	5	4,2	-0,6
6	4,6	-0,6	6	4,6	-0,05	6	1,3	-0,6	6	8,43	1,41	5	7,9	-0,6	6	4,6	-0,6
7	7,33	1,22	7	6,23	1,04	8	2,2	0				6	11,73	1,96	7	7,33	1,22
						7	2,93	0,49							1 ₃	4,6	-0,55

Таблица Б.90 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:6

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,21	4,84	4,84	0,00	0,00	1,21	1,21
Выемка	4,14	1,32	1,32	9,38	9,38	4,14	4,14
Рыхление						3,67	3,67
Стоимость							
Насыпь	252,89	1011,56	1011,56	0	0	252,89	252,89
Выемка	496,93	158,13	158,13	1126,13	1126,13	496,93	496,93
Рыхление						641,67	843,33
Общая стоимость	749,82	1169,69	1169,69	1126,13	1126,13	1391,49	1593,16

Таблица Б.91 – Координаты точек при уклоне косогора 1:5

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,71	-0,94	1	-6,13	-1,23	1	-9,43	-1,89	1	-3,3	-0,66	1	0	0	1	-4,71	-0,94
2	-3,3	0	2	-3,3	0,66	2	-6,6	0	2	0	-0,66	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,66	3	-3,3	0	3	3,3	-0,66	7	5,5	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,66	4	0	0	4	4,2	-1,26	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	0,06	5	0,9	-0,6	5	4,6	-1,26	4	7,5	-0,6	5	4,2	-0,6

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
6	4,6	-0,6	6	4,6	0,06	6	1,3	-0,6	6	9,27	1,85	5	7,9	-0,6	6	4,6	-0,6
7	7,86	1,57	7	6,44	1,29	8	2,2	0				6	12,57	2,51	7	7,86	1,57
						7	3,14	0,63							1 ₃	4,6	-0,76

Таблица Б.92 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:5

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,56	6,22	6,22	0,00	0,00	1,56	1,56
Выемка	5,10	1,47	1,47	11,84	11,84	5,10	5,10
Рыхление						5,18	5,18
Стоимость							
Насыпь	325,14	1300,58	1300,58	0	0	325,14	325,14
Выемка	612,17	176,57	176,57	1421,14	1421,14	612,17	612,17
Рыхление						906,86	1191,87
Общая стоимость	937,32	1477,15	1477,15	1421,14	1421,14	1844,17	2129,18

Таблица Б.93 – Координаты точек при уклоне косогора 1:4

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-5,28	-1,32	1	-7,26	-1,82	1	-10,56	-2,64	1	-3,3	-0,83	1	0	0	1	-5,28	-1,32
2	-3,3	0	2	-3,3	0,83	2	-6,6	0	2	0	-0,83	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,83	3	-3,3	0	3	3,3	-0,83	7	5,5	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,83	4	0	0	4	4,2	-1,43	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	0,23	5	0,9	-0,6	5	4,6	-1,43	4	7,5	-0,6	5	4,2	-0,6
6	4,6	-0,6	6	4,6	0,23	6	1,3	-0,6	6	10,78	2,70	5	7,9	-0,6	6	4,6	-0,6
7	8,80	2,20	7	6,82	1,71	8	2,20	0				6	14,08	3,52	7	8,80	2,20
						7	3,52	0,88							1 ₃	4,6	-1,12

Таблица Б.94 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:4

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	2,18	8,71	8,71	0,00	0,00	2,18	2,18
Выемка	6,83	1,75	1,75	16,27	16,27	6,83	6,83
Рыхление						8,07	8,07
Стоимость							
Насыпь	455,20	1820,81	1820,81	0	0	455,20	455,20
Выемка	819,60	209,76	209,76	1952,16	1952,16	819,60	819,60

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						1412,36	1856,25
Общая стоимость	1274,80	2030,57	2030,57	1952,16	1952,16	2687,17	3131,05

Таблица Б.95 – Координаты точек при уклоне косогора 1:3

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-6,6	-2,2	1	-9,9	-3,3	1	-13,2	-4,4	1	-3,3	-1,1	1	0	0	1	-6,6	-2,2
2	-3,3	0	2	-3,3	1,1	2	-6,6	0	2	0	-1,1	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	1,1	3	-3,3	0	3	3,3	-1,1	7	5,5	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	1,1	4	0	0	4	4,2	-1,7	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	0,5	5	0,9	-0,6	5	4,6	-1,7	4	7,5	-0,6	5	4,2	-0,6
6	4,6	-0,6	6	4,6	0,5	6	1,3	-0,6	6	14,3	4,77	5	7,9	-0,6	6	4,6	-0,6
7	11,0	3,67	7	7,7	2,57	8	2,2	0				6	17,6	5,87	7	11,0	3,67
						7	4,4	1,47							1 ₃	4,6	-1,98

Таблица Б.96 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:3

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	3,63	14,52	14,52	0,00	0,00	3,63	3,63
Выемка	10,86	2,39	2,39	26,59	26,59	10,86	10,86
Рыхление						15,62	15,62
Стоимость							
Насыпь	758,67	3034,68	3034,68	0	0	758,67	758,67
Выемка	1303,60	287,20	287,20	3191,20	3191,20	1303,60	1303,60
Рыхление						2732,73	3591,59
Общая стоимость	2062,27	3321,88	3321,88	3191,20	3191,20	4795,00	5653,86

Косогорные участки Группы Б Подгруппы 2

Таблица Б.97 – Координаты точек при уклоне косогора 1:10

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-3,88	-0,39	1	-4,46	-0,45	1	-7,76	-0,78	1	-3,3	-0,33	1	0	0	1	-3,88	-0,39
2	-3,3	0	2	-3,3	0,33	2	-6,6	0	2	0	-0,33	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,33	3	-3,3	0	3	3,3	-0,33	7	4,72	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,33	4	0	0	4	4,2	-0,93	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	-0,27	5	0,9	-0,6	5	4,6	-0,93	4	7,5	-0,6	1 ₃	3,66	-0,24
6	4,6	-0,6	6	4,6	-0,27	6	1,3	-0,6	6	4,88	0,49	5	7,9	-0,6	5	4,2	-0,6
7	4,82	0,48	7	4,75	0,47	8	1,42	0				6	8,18	0,82	6	4,6	-0,6
						7	1,45	0,14							7	4,82	0,48

Таблица Б.98 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:10

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,64	2,56	2,56	0,00	0,00	0,64	0,64
Выемка	1,68	0,65	0,65	3,83	3,83	1,68	1,68
Рыхление						1,56	1,56
Стоимость							
Насыпь	133,88	535,53	535,53	0	0	133,88	133,88

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Выемка	201,92	77,87	77,87	459,32	459,32	201,92	201,92
Рыхление						273,44	359,38
Общая стоимость	335,80	613,40	613,40	459,32	459,32	609,24	695,18

Таблица Б.99 – Координаты точек при уклоне косогора 1:9

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-3,96	-0,44	1	-4,62	-0,51	1	-7,92	-0,88	1	-3,3	-0,37	1	0	0	1	-3,96	-0,44
2	-3,3	0	2	-3,3	0,37	2	-6,6	0	2	0	-0,37	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,37	3	-3,3	0	3	3,3	-0,37	7	4,72	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,37	4	0	0	4	4,2	-0,97	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	-0,23	5	0,9	-0,6	5	4,6	-0,97	4	7,5	-0,6	1 ₃	3,73	-0,29
6	4,6	-0,6	6	4,6	-0,23	6	1,3	-0,6	6	4,90	0,54	5	7,9	-0,6	5	4,2	-0,6
7	4,83	0,54	7	4,75	0,53	8	1,42	0				6	8,20	0,91	6	4,6	-0,6
						7	1,45	0,16							7	4,83	0,54

Таблица Б.100 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:9

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,73	2,90	2,90	0,00	0,00	0,73	0,73
Выемка	1,81	0,66	0,66	4,20	4,20	1,81	1,81
Рыхление						1,86	1,86
Стоимость							
Насыпь	151,73	606,94	606,94	0	0	151,73	151,73
Выемка	217,42	79,27	79,27	504,07	504,07	217,42	217,42
Рыхление						325,40	427,66
Общая стоимость	369,15	686,20	686,20	504,07	504,07	694,55	796,82

Таблица Б.101 – Координаты точек при уклоне косогора 1:8

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,06	-0,51	1	-4,82	-0,60	1	-8,12	-1,02	1	-3,3	-0,41	1	0	0	1	-4,06	-0,51
2	-3,3	0	2	-3,3	0,41	2	-6,6	0	2	0	-0,41	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,41	3	-3,3	0	3	3,3	-0,41	7	4,72	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,41	4	0	0	4	4,2	-1,01	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	-0,19	5	0,9	-0,6	5	4,6	-1,01	4	7,5	-0,6	1 ₃	3,82	-0,35

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
6	4,6	-0,6	6	4,6	-0,19	6	1,3	-0,6	6	4,93	0,62	5	7,9	-0,6	5	4,2	-0,6
7	4,84	0,61	7	4,76	0,59	8	1,42	0				6	8,23	1,03	6	4,6	-0,6
						7	1,46	0,18				7	4,84	0,61			

Таблица Б.102 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:8

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,84	3,35	3,35	0,00	0,00	0,84	0,84
Выемка	1,97	0,68	0,68	4,67	4,67	1,97	1,97
Рыхление						2,26	2,26
Стоимость							
Насыпь	175,08	700,31	700,31	0	0	175,08	175,08
Выемка	236,89	81,03	81,03	560,29	560,29	236,89	236,89
Рыхление						395,34	519,59
Общая стоимость	411,97	781,34	781,34	560,29	560,29	807,31	931,56

Таблица Б.103 – Координаты точек при уклоне косогора 1:7

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,2	-0,6	1	-5,1	-0,73	1	-8,4	-1,2	1	-3,3	-0,47	1	0	0	1	-4,2	-0,6
2	-3,3	0	2	-3,3	0,47	2	-6,6	0	2	0	-0,47	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,47	3	-3,3	0	3	3,3	-0,47	7	4,72	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,47	4	0	0	4	4,2	-1,07	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	-0,13	5	0,9	-0,6	5	4,6	-1,07	4	7,5	-0,6	1 ₃	3,96	-0,44
6	4,6	-0,6	6	4,6	-0,13	6	1,3	-0,6	6	4,96	0,71	5	7,9	-0,6	5	4,2	-0,6
7	4,86	0,69	7	4,76	0,68	8	1,42	0				6	8,26	1,18	6	4,6	-0,6
						7	1,46	0,21							7	4,86	0,69

Таблица Б.104 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:7

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	0,99	3,96	3,96	0,00	0,00	0,99	0,99
Выемка	2,18	0,69	0,69	5,28	5,28	2,18	2,18
Рыхление						2,82	2,82
Стоимость							
Насыпь	206,91	827,64	827,64	0	0	206,91	206,91
Выемка	262,09	83,31	88,31	633,05	633,05	262,09	262,09

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						494,37	649,74
Общая стоимость	469,00	910,95	910,95	633,05	633,05	963,37	1118,74

Таблица Б.105 – Координаты точек при уклоне косогора 1:6

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,4	-0,73	1	-5,5	-0,92	1	-8,8	-1,47	1	-3,3	-0,55	1	0	0	1	-4,4	-0,73
2	-3,3	0	2	-3,3	0,55	2	-6,6	0	2	0	-0,55	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,55	3	-3,3	0	3	3,3	-0,55	7	4,72	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,55	4	0	0	4	4,2	-1,15	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	-0,05	5	0,9	-0,6	5	4,6	-1,15	4	7,5	-0,6	5	4,2	-0,6
6	4,6	-0,6	6	4,6	-0,05	6	1,3	-0,6	6	5,00	0,83	5	7,9	-0,6	6	4,6	-0,6
7	4,88	0,81	7	4,77	0,79	8	1,42	0				6	8,30	1,38	7	4,88	0,81
						7	1,47	0,24							1 ₃	4,6	-0,55

Таблица Б.106 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:6

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,21	4,84	4,84	0,00	0,00	1,21	1,21
Выемка	2,47	0,72	0,72	6,09	6,09	2,47	2,47
Рыхление						3,67	3,67
Стоимость							
Насыпь	252,89	1011,56	1011,56	0	0	252,89	252,89
Выемка	295,99	86,38	86,38	730,90	730,90	295,99	295,99
Рыхление						641,67	843,33
Общая стоимость	548,88	1097,94	1097,94	730,90	730,90	1190,54	1392,21

Таблица Б.107 – Координаты точек при уклоне косогора 1:5

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-4,71	-0,94	1	-6,13	-1,23	1	-9,43	-1,89	1	-3,3	-0,66	1	0	0	1	-4,71	-0,94
2	-3,3	0	2	-3,3	0,66	2	-6,6	0	2	0	-0,66	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,66	3	-3,3	0	3	3,3	-0,66	7	4,72	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,66	4	0	0	4	4,2	-1,26	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	0,06	5	0,9	-0,6	5	4,6	-1,26	4	7,5	-0,6	5	4,2	-0,6
6	4,6	-0,6	6	4,6	0,06	6	1,3	-0,6	6	5,05	1,01	5	7,9	-0,6	6	4,6	-0,6

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
7	4,92	0,98	7	4,78	0,96	8	1,42	0				6	8,35	1,67	7	4,92	0,98
						7	1,48	0,30							13	4,6	-0,76

Таблица Б.108 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:5

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	1,56	6,22	6,22	0,00	0,00	1,56	1,56
Выемка	2,87	0,76	0,76	7,25	7,25	2,87	2,87
Рыхление						5,18	5,18
Стоимость							
Насыпь	325,14	1300,58	1300,58	0	0	325,14	325,14
Выемка	344,00	90,73	90,73	869,53	869,53	344,00	344,00
Рыхление						906,86	1191,87
Общая стоимость	669,14	1391,30	1391,30	869,53	869,53	1576,00	1861,01

Таблица Б.109 – Координаты точек при уклоне косогора 1:4

Вариант «Полунасыпь-полувыемка»			Вариант $h_{нас}$			Вариант $\Delta_{нас}$			Вариант $h_{выем}$			Вариант $\Delta_{выем}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-5,28	-1,32	1	-7,26	-1,82	1	-10,56	-2,64	1	-3,3	-0,83	1	0	0	1	-5,28	-1,32
2	-3,3	0	2	-3,3	0,83	2	-6,6	0	2	0	-0,83	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	0,83	3	-3,3	0	3	3,3	-0,83	7	4,72	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	0,83	4	0	0	4	4,2	-1,43	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	0,23	5	0,9	-0,6	5	4,6	-1,43	4	7,5	-0,6	5	4,2	-0,6
6	4,6	-0,6	6	4,6	0,23	6	1,3	-0,6	6	5,14	1,29	5	7,9	-0,6	6	4,6	-0,6
7	4,97	1,24	7	4,79	1,20	8	1,42	0				6	8,44	2,11	7	4,97	1,24
						7	1,49	0,37							1 ₃	4,6	-1,12

Таблица Б.110 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:4

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь-полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	2,18	8,71	8,71	0,00	0,00	2,18	2,18
Выемка	3,48	0,81	0,81	9,01	9,01	3,48	3,48
Рыхление						8,07	8,07
Стоимость							
Насыпь	455,20	1820,81	1820,81	0	0	455,20	455,20
Выемка	417,28	97,36	97,36	1081,11	1081,11	417,28	417,28

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{\text{нас}}$	Вариант $\Delta_{\text{нас}}$	Вариант $h_{\text{выем}}$	Вариант $\Delta_{\text{выем}}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Рыхление						1412,36	1856,25
Общая стоимость	870,49	1918,17	1918,17	1081,11	1081,11	2284,85	2728,74

Таблица Б.111 – Координаты точек при уклоне косогора 1:3

Вариант «Полунасыпь- полувыемка»			Вариант $h_{\text{нас}}$			Вариант $\Delta_{\text{нас}}$			Вариант $h_{\text{выем}}$			Вариант $\Delta_{\text{выем}}$			Вариант «Рыхление»		
№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки		№	Координаты точки	
	x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i		x_i	y_i
1	-6,6	-2,2	1	-9,9	-3,3	1	-13,2	-4,4	1	-3,3	-1,1	1	0	0	1	-6,6	-2,2
2	-3,3	0	2	-3,3	1,1	2	-6,6	0	2	0	-1,1	2	3,3	0	2	-3,3	0
3	0	0	3	0	1,1	3	-3,3	0	3	3,3	-1,1	7	4,72	0	3	0	0
4	3,3	0	4	3,3	1,1	4	0	0	4	4,2	-1,7	3	6,6	0	4	3,3	0
5	4,2	-0,6	5	4,2	0,5	5	0,9	-0,6	5	4,6	-1,7	4	7,5	-0,6	5	4,2	-0,6
6	4,6	-0,6	6	4,6	0,5	6	1,3	-0,6	6	5,29	1,76	5	7,9	-0,6	6	4,6	-0,6
7	5,06	1,69	7	4,82	1,61	8	1,42	0				6	8,59	2,86	7	5,06	1,69
						7	1,52	0,51							1 ₃	4,6	-1,98

Таблица Б.112 – Стоимость земляных работ при уклоне косогора 1:3

	Варианты						
	Вариант «Полунасыпь- полувыемка»	Вариант $h_{нас}$	Вариант $\Delta_{нас}$	Вариант $h_{выем}$	Вариант $\Delta_{выем}$	Вариант «Рыхление»	Вариант «Рыхление со взрывом»
Площадь							
Насыпь	3,63	14,52	14,52	0,00	0,00	3,63	3,63
Выемка	4,52	0,91	0,91	12,03	12,03	4,52	4,52
Рыхление						15,62	15,62
Стоимость							
Насыпь	758,67	3034,68	3034,68	0	0	758,67	758,67
Выемка	542,91	108,73	108,73	1443,81	1443,81	542,91	542,91
Рыхление						2732,73	3591,59
Общая стоимость	1301,58	3143,41	3143,41	1443,81	1443,81	4034,31	4893,17