

Министерство образования и науки Республики Казахстан
Карагандинский государственный технический университет

УДК 622.2

На правах рукописи

ИВАДИЛИНОВА ДИНА ТОЛЕГЕНОВНА

**Разработка технологических схем
отработки угольных пластов под охранными сооружениями**

6D070700 – Горное дело

Диссертация на соискание ученой степени
доктора философии (PhD)

Научные консультанты:

д.т.н., профессор
Исабек Т.К.

д.т.н., профессор
Технического университета
Фрайбергская горная академия
Карстен Дребенштедт

Республика Казахстан
Караганда 2019

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	4
ОПРЕДЕЛЕНИЯ	5
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	6
ВВЕДЕНИЕ	8
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ДОБЫЧИ УГЛЯ ПОД ОХРАННЫМИ ОБЪЕКТАМИ, РАСПОЛОЖЕННЫМИ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	12
1.1 Анализ горно-геологических и горнотехнических условий Карагандинского угольного бассейна	
1.2 Опыт подработки зданий и сооружений на Промышленном участке Карагандинского угольного бассейна. Обзор и анализ характерных случаев подработки зданий и сооружений. Подработка поверхностных объектов в границах земельных отводов действующих шахт	16
1.3 Существующие технологические решения, направленные на сохранение объектов на земной поверхности при их подработке	24
1.3.1 Технологические схемы ведения горных работ с закладкой выработанного пространства	30
1.3.2 Технология закладки выработанного пространства на бывших шахтах «Актасская» и им. 50-летия Октябрьской революции	32
1.3.3 Технологические схемы проведения выработок с размещением породы в выработанном пространстве. Закладочные материалы в условиях Карагандинского угольного бассейна	36
1.4 Постановка цели и задач исследования	38
Выводы по главе 1	39
2 РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕЛИЧИН СДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОДРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРКШЕЙДЕРСКО- ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ	41
2.1 Проектирование маркшейдерско-геодезических работ для наблюдения за сдвижением земной поверхности при ведении подземных горных работ по добыче угля	
2.2 Исследование сдвижений земной поверхности и влияния очистных работ на поверхностные объекты в районе шахты им. Костенко	50
2.3 Трехмерное моделирование процесса сдвижения земной поверхности по результатам маркшейдерско-геодезических измерений	66
2.4 Исследование процессов сдвижения и определение их параметров в условиях отработанных выемочных участков шахты им. Костенко	68
Выводы по главе 2	71
3 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИН СДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ЛАВ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБОТАННЫХ ТЕХНОЛОГИ- ЧЕСКИХ СХЕМ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ	73

3.1 Программа для определения способов охраны поверхностных объектов от вредного влияния подземных горных работ	
3.2 Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород в зонах подработки	76
3.2.1 Принципы моделирования напряженно-деформированного массива горных пород в Phase при отработке пластов с полным обрушением кровли выработанного пространства	
3.2.2 Моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород в пределах лавы по пласту K12 шахты им. Костенко	77
3.2.3 Интерпретация полученных результатов моделирования	83
3.3 Технологические схемы ведения горных работ с частичной закладкой выработанного пространства	86
3.4 Геологическое и конечно-элементное моделирование технологической схемы с применением частичной закладки выработанного пространства по пласту K10	90
Выводы по главе 3	97
4 ОЦЕНКА ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОКЛАДКИ ГАЗОПРОВОДА «САРЫАРКА» И ПОИСК РЕШЕНИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЕГО БЕЗОПАСНУЮ И БЕЗАВАРИЙНУЮ РАБОТУ В УСЛОВИЯХ ПОДРАБОТАННЫХ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ ТЕРРИТОРИЙ	98
4.1 Особенности и условия прокладки газопровода по земельному отводу шахты им. Костенко	101
4.2 Расчет ожидаемых величин деформаций земной поверхности по проектируемой трассе газораспределительных сетей газопровода «СарыАрка» по городу Караганда	104
4.3 Применение разработанной технологической схемы с частичной закладкой выработанного пространства при отработке лавы по пласту K7 под газопроводом. Расчет ожидаемых величин деформаций на основе разработанной методики	111
4.4 Расчет предполагаемых затрат при ведении горных работ с использованием разработанной технологической схемы с частичной закладкой выработанного пространства	116
Выводы по главе 4	122
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	123
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	124
ПРИЛОЖЕНИЯ	130

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СН РК 2.03-04-2013 «Подземные горные выработки»
2. СП РК 2.03-101-2012 «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах»
3. СН РК 3.01-03-2011 «Генеральные планы промышленных предприятий»
4. МСН 4.03-01-2003 «Газораспределительные системы»

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Месторождение полезных ископаемых – естественные скопления полезного ископаемого в той или иной части земной коры, разработка которого при данной экономической обстановке считается целесообразной.

Пласт – залежь, имеющая значительное распространение в земной коре и ограниченная двумя параллельными плоскостями.

Горные выработки – полости, образованные в результате горных работ в горных породах.

Шахтное поле – месторождение или его часть, отводимая для разработки одной шахте [1].

Балансовые запасы – запасы, использование которых экономически целесообразно и которые должны удовлетворять требованиям – кондициям, устанавливаемым для подсчета запасов в недрах для каждого месторождения.

Подсчет запасов – определение в недрах количества угля, пригодного для промышленного использования [2].

Коэффициент крепости горных пород – относительный показатель, приблизительно характеризующий сопротивляемость различных пород разрушению при добыче [3].

Технологическая схема разработки запасов шахты – обобщающий качественный параметр шахты, в огромной степени отражающий эффективность ее работы. В общем виде множество возможных вариантов технологической схемы формируется изменением отдельных ее элементов: способов и схем вскрытия, подготовки шахтного поля, транспорта, вентиляции, систем разработки, порядка отработки шахтного поля, выемочных участков и т.д. [4].

Физические свойства горных пород – особое поведение (ответная реакция) горной породы при воздействии на нее физических полей или сред.

Физические процессы горного производства – процессы, в которых при ведении горных работ вступают во взаимодействие с горной породой инструмент, механизм или агрегат.

Пластические свойства горных пород – свойства, проявляющиеся при нагрузках, превышающих предел прочности породы, после снятия которых порода уже не полностью восстанавливает исходную форму и размеры.

Модуль Юнга – модуль продольной упругости породы [5].

Геодезическая сеть – совокупность точек на земной поверхности, для которых определены плановое и высотное положение в избранной системе координат.

Государственные геодезические сети – опорные геодезические сети, развиваемые в масштабе всего государства в общей референцной системе координат [6].

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

УД – Угольный департамент;
АО – Акционерное общество;
им. – имени;
г. – город;
КазНТУ – Казахский Национальный технический университет;
РМПИ – разработка месторождений полезных ископаемых;
КарГТУ – Карагандинский государственный технический университет;
ТОО – Товарищество с ограниченной ответственностью;
МОН РК – Министерство образования и науки Республики Казахстан;
проф. – профессор;
США – Соединенные штаты Америки;
ЮАР – Южно-Африканская республика;
т – тонн;
м – метр;
мм – миллиметр;
ул. – улица;
КНИУИ – Карагандинский научно-исследовательский угольный институт;
ГШО – горно-шахтное оборудование;
УМР – управление по ремонту машин;
АИС ГЗК – автоматизированная информационная система государственного земельного кадастра;
ВЛ – высоковольтная линия электропередач;
ПО – производственное объединение;
б. – бывший;
руб. – рублей;
НИИ – научно-исследовательский институт;
ИГД – Институт горного дела;
и др. – и другие;
ОФ – обогатительная фабрика;
пос. – поселок;
км – километр;
GPS – Global Positioning System;
ГГС – государственная геодезическая сеть;
ПП – пункт полигонометрии;
ЦОКС – центрально-отнесенный клетевой ствол;
Рр – репер;
РСУ – ремонтно-строительной управление;
ЛЭП – линия электропередач;
кВ – киловольт;
нач. акт. ст. – начало активной стадии;
кон. акт. ст. – начало активной стадии;
сут – сутки;
мес – месяц;

МПа – мегапаскаль;
Ед.изм. – единица измерения;
гг. – годы;
млрд. – миллиард;
АГРС – автоматизированная газораспределительная станция;
ПК – пикет;
см – сантиметр;
г – грамм;
атм – атмосфер;
АДС – автоматическая диспетчерская служба;
и т.д. – и так далее;
и пр. – и прочее.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В мировой практике имеют место факты, когда освоение месторождений полезных ископаемых происходит на территориях населенных пунктов, в зоне расположения гражданских и промышленных объектов, зданий, сооружений и т.д. Обращаясь к истории развития Карагандинского угольного бассейна, можно увидеть, что существовавшая в то время практика пришахтного жилищного строительства была в корне ошибочной. Это привело к тому, что в городе Караганде подземная добыча угольных пластов вывела из строя целые поселки и в том числе Старый город, строения со временем исчезли, а 140 тысяч жителей этого района были переселены в другие районы города.

В настоящее время в Карагандинском угольном бассейне значительная часть балансовых запасов угля остается в целиках под существующими на поверхности зданиями и сооружениями. В связи с увеличением глубины ведения горных работ, ухудшением горно-геологических условий и снижением запасов низкочольных коксующихся углей, в Карагандинском угольном бассейне возникает необходимость добычи угля под охранными объектами на земной поверхности, в том числе и из целиков.

Для ведения добычи под охранными объектами необходимо на всех стадиях проектирования, планирования и ведения горных работ осуществлять прогнозирование сдвижений и деформаций земной поверхности, на основе которого должны разрабатываться меры охраны подрабатываемых сооружений и природных объектов.

Существующие на сегодняшний день технологические схемы отработки угольных пластов на застроенных территориях не позволяют в достаточной мере обеспечить процесс рациональной отработки и безопасность поверхностных объектов на этих участках. Используя имеющийся функционал современных компьютерных программ, методы математического моделирования процессов, происходящих в толще горных пород, становится возможным производить правильный выбор вариантов технологических схем отработки угля с учетом влияния их на процессы сдвижения горных пород и земной поверхности.

Решению задач обеспечения эффективности подземной отработки пластов с учетом сохранности объектов на земной поверхности посвящены работы С.Г. Авершина, Э.Г. Роота, З.М. Смагулова, В.И. Борщ-Компанейца, В.Н. Гусева, К.К. Элиманова, П.Е. Клещева, Г.Г. Поклада, Е.В. Беляева, Б. Тёньеса, Ш.А. Алтаева, М.П. Васильева и др. Имеются отраслевые нормативные документы Республики Казахстан, позволяющие прогнозировать величины деформаций поверхностных объектов и проектировать новые объекты на подрабатываемых территориях.

В последние годы в связи с тенденцией урбанизации городов в Караганде остро стоит проблема свободных земель, особенно в тех районах, где уже подведены инженерные коммуникации. Земельные участки, которые были подработаны или предстоят к подработке имеют значительную площадь, что в

свою очередь подтверждает необходимость исследований возможности одновременного ведения подземной добычи угля горнодобывающими предприятиями и застройки земной поверхности. Тем более что на территории существующих шахт Карагандинского бассейна фактически имеются эксплуатируемые инженерные сети, автомобильные и железные дороги, водные и лесные объекты, а в 2020 году планируется проведение газопровода «СарыАрка» для газификации домов жителей Караганды.

Участки проектируемого магистрального газопровода «СарыАрка», а также разводящих газораспределительных сетей по городу Караганда частично пройдут по подрабатываемым территориям шахт им. Костенко, «Саранская», им. Кузембаева УД АО «АрселорМиттал Темиртау». Проектом предусматриваются строительные меры защиты газопровода от вредного влияния планируемых подземных горных разработок. При этом опыта ведения работ по добыче угля под магистральными газопроводами и под разводящими газораспределительными сетями в Карагандинском угольном бассейне нет. К тому же, методика применения различных технологических схем отработки угольных пластов на застроенных участках для условий Карагандинского бассейна не достаточно широко развита.

Таким образом, разработка и обоснование технологических схем подземной разработки угольных пластов в условиях Карагандинского угольного бассейна, обеспечивающих эффективность угледобычи под объектами на земной поверхности, является актуальной научной задачей, решение которой имеет большое значение для угольной отрасли Республики Казахстан.

Цель работы. Разработка эффективных технологических схем отработки угольных пластов под охранными сооружениями на земной поверхности.

Идея работы заключается в разработке научно-методического подхода при использовании технологических схем отработки угольных пластов с закладкой выработанного пространства под поверхностными сооружениями с учетом процессов сдвижения земной поверхности и влияния их на сохранность поверхностных объектов при различных вариантах технологии отработки.

Основные задачи исследований:

- анализ современного состояния земельных отводов шахт, а также имеющихся объектов на земной поверхности на полях действующих шахт Карагандинского угольного бассейна;

- построение конечно-элементной математической модели процесса сдвижения горных пород и земной поверхности при многократной подработке, анализ достоверности построенной модели процесса сдвижения горных пород и земной поверхности путем сравнения полученных значений деформаций с результатами натурных маркшейдерско-геодезических измерений;

- разработка компьютерной программы для определения возможных мер защиты подрабатываемых объектов в условиях Карагандинского угольного бассейна;

- оценка численных значений сдвижений земной поверхности при различных вариантах технологических схем отработки угольных пластов с

закладкой выработанного пространства на основании разработанной модели напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

Методы исследований. Для выполнения поставленных задач была проведена работа по анализу существующего на сегодняшний день опыта отработки угольных пластов с использованием различных мер охраны поверхностных объектов; для исследования процессов сдвижения земной поверхности и горных пород использована математическая модель напряженно-деформированного состояния массива; для оценки достоверности построенной конечно-элементной модели массива горных пород проведены натурные маркшейдерско-геодезические наблюдения за сдвижением земной поверхности на подрабатываемом участке.

Научная новизна работы:

- построена конечно-элементная модель массива горных пород, позволяющая прогнозировать величины сдвижений земной поверхности в результате отработки угольных пластов на шахте им. Костенко;
- установлены зависимости процесса сдвижения земной поверхности вследствие ее подработки на основе наблюдений не на точках профильных линий, а в результате детальной съемки поверхности и наблюдений на пунктах локальной динамической сети;
- разработана компьютерная программа, обеспечивающая поиск возможных мер защиты подрабатываемых объектов при заданных горнотехнологических условиях отработки.

Научные положения, выносимые на защиту:

- расчет величин сдвижений земной поверхности на основе конечно-элементной модели напряженно-деформированного состояния массива горных пород;
- методика ведения горно-маркшейдерских работ по наблюдению за сдвижением земной поверхности на основе локальной геодинамической сети;
- технологические схемы подземной отработки угольных пластов с закладкой выработанного пространства, обеспечивающие защиту подрабатываемых охраняемых объектов.

Практическая значимость работы заключается в определении требований к параметрам технологических схем отработки угольных пластов с закладкой выработанного пространства при проведении горных работ под охраняемыми объектами на земной поверхности, а также в прогнозе величин сдвижений земной поверхности с учетом физико-механических свойств толщи горных пород.

Достоверность и обоснованность научных положений, результатов и выводов подтверждаются комплексом выполненных научно-исследовательских работ, произведенных в условиях шахты им. Костенко; результатом маркшейдерско-геодезической съемки подрабатываемой земной поверхности; использованием при построении математической модели фактических физико-механических свойств горных пород и современных средств для моделирования и визуализации процессов, происходящих в горных породах и на земной поверхности.

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертационной работы докладывались на международной конференции «Инновации в науке», г. Новосибирск (2016 г.), международной научно-практической конференции «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях индустрии 4.0» в КазНИТУ им. К. Сатбаева, г. Алматы (2019 г.), научных семинарах кафедры РМПИ КарГТУ в апреле 2018 г. и марте 2019 г. Результаты научных исследований, полученные в диссертации, внедрены в учебный процесс по профильным дисциплинам специальности «Горное дело», а также при разработке проекта газопровода «СарыАрка» на территории Карагандинской области ТОО «Газсервис». Некоторые положения диссертации были выполнены в рамках научно-исследовательской работы по теме «Разработка интеллектуальных информационных систем для расчета технологических параметров процессов горного производства» грантового финансирования договора №198 от 16.03.2018 года, заключенного с Комитетом науки МОН РК.

В процессе работы над диссертацией получено свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом, №1172 от 28 декабря 2018 года.

Основные положения диссертации отражены в 13 научных трудах, в том числе 1 из них опубликован в журнале «Научный вестник Национального горного университета» (г. Днепропетровск, Украина), входящего в базу Scopus, 4 изданиях, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 8 работ в материалах зарубежных и международных конференций.

Автор выражает искреннюю благодарность научному консультанту д.т.н., проф. Исабек Т.К. за ценные рекомендации при планировании и написании работы, зарубежному научному консультанту д.т.н., проф. Карстену Дребенштедту за квалифицированные консультации, оказанные лично и дистанционно, д.т.н., проф. Демину В.Ф., Амренову К.А., работникам Технического управления Угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау», специалистам ТОО «КАТЭК», ТОО «Газсервис» за содействие и предоставленные исходные данные для выполнения экспериментальных и научно-исследовательских работ. Также автор благодарит заведующего кафедрой и профессорско-преподавательский состав кафедры РМПИ за предоставленную возможность обучения и подготовки диссертации.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, 4 разделов и заключения, содержит 129 страниц машинописного текста, включая рисунки, таблицы, список использованных литературных источников и приложения.

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ДОБЫЧИ УГЛЯ ПОД ОХРАННЫМИ ОБЪЕКТАМИ, РАСПОЛОЖЕННЫМИ НА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Общемировые запасы угля оцениваются в 869 млрд. тонн. Почти 90% всего мирового угля добывается 10 странами мира.

По запасам угля Республика Казахстан входит в десятку стран-лидеров, уступая лишь Китаю, США, России, Австралии, Индии, ЮАР, Украине. Государственным балансом учтены запасы по 49 месторождениям, составляющие 33,6 млрд. тонн, в том числе каменных углей – 21,5 млрд. тонн, бурых углей – 12,1 млрд. тонн [7].

1.1 Анализ горно-геологических и горнотехнических условий Карагандинского угольного бассейна

Карагандинский угольный бассейн (рисунок 1) – один из крупнейших в мире угольных бассейнов. Расположен в центральной части Республики Казахстан, в пределах Казахского мелкосопочника, вытянут в широтном направлении на 120 км при ширине в среднем 30 км. Площадь бассейна составляет 3600 км². В угленосных отложениях карбона мощность до 20 км – до 30 рабочих пластов мощностью от 0,2 до 18 м. Угли в основном каменные, марок ГЖ, Ж, КЖ, К, ОС. Теплота сгорания на рабочее топливо 21 МДж/кг. Запасы свыше 90 млрд. т. Добыча производится главным образом подземным способом.

Основные центры добычи – города Караганда, Сарань, Абай, Шахтинск.

Промышленная угленосность Карагандинского бассейна связана с ашлярикской, карагандинской, долинской и тентекской свитами, которые содержат до 80 угольных пластов и пропластков. Из них 65 пластов имеют рабочую мощность. Суммарная мощность всех угольных пластов составляет в среднем 110 м. Устойчивость вмещающих пород ухудшается в направлении от Промышленного участка к Тентекскому району. В центральной части Карагандинского района вмещающие породы сравнительно устойчивы, за исключением пластов К₁₈, К₁₂, К₁₀, почва которых склонна к пучению. На Саранском участке условия поддержания выработок осложнены большой нарушенностью и водонасыщенностью пород. Для Чурубай-Нурина района характерна высокая насыщенность горных пород водой, что обуславливает низкую их устойчивость. Пласты долинской свиты имеют слабые почву и кровлю [8].

Характеристика основных физико-механических свойств горных пород в Карагандинском бассейне приведена в таблице 1.

Плотность карагандинских углей составляет 1,27–1,6 т/м³, удельный вес – 13,26–16,69 кН/м³. Наибольшие значения плотности (1,5–1,6 т/м³) относятся к углям пластов ашлярикской свиты в Карагандинском районе, наименьшие (1,27–1,5 т/м³) – к пластам долинской свиты. Большинство пластов карагандинской и тентекской свит имеют среднюю плотность 1,4–1,45 т/м³.



Рисунок 1 – Схематическая карта Карагандинского угольного бассейна

Таблица 1 – Физико-механические свойства вмещающих пород в Карагандинском бассейне

Породы	Предел прочности, МПа		Пористость , %	Влажность, %	Плотность, г/см ³
	на сжатие	на растяжение			
Карагандинская свита					
Песчаники	32,7–63	2,7–5	9–14	3,1–4,7	2,49–2,56
Алевриты	22,7–45	1,5–2,6	11,1–29,6	3,4–5,5	2,35–2,52
Аргиллиты	13,7–34,1	0,9–2	11,5–19,3	4–6,7	2,22–2,48
Долинская свита					
Песчаники	20,8–58,1	1,9–4,3	8,7–16,9	3,2–6,2	2,31–2,51
Алевриты	15,3–42,2	0,9–2,5	10–19,9	3,6–8	2,25–2,5
Аргиллиты	11,3–30,9	0,7–1,6	10,9–22,7	4,2–11	2,2–2,46

Крепость углей в Карагандинском бассейне зависит от их петрографического состава. Коэффициент крепости по шкале профессора М.М. Протодяконова колеблется от 0,47 до 2. Сопротивляемость углей резанию изменяется от 800 до 2250 Н/см. Большинство шахт бассейна имеют притоки воды в горные выработки в пределах 50–200 м³/ч, то есть коэффициент водообильности редко превышает 1. Для шахт в Карагандинском районе он составляет в среднем 0,03, иногда повышаясь до 0,2; для Чурубай-Нуринского района – 0,3–1,8 (до 6,5); для Тентекского района – 0,12–0,3.

Метаноносность угленосной толщи в бассейне очень высока, что обуславливает высокую газообильность угольных шахт. В настоящее время все шахты отнесены к сверхкатегорным или опасным по внезапным выбросам угля и газа.

Действующий шахтный фонд Угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау» по состоянию на 2019 год представлен 8 шахтами. На сегодняшний день уголь, добываемый подземным способом на шахтах, практически весь используется для нужд металлургического производства (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема использования угля в АО «АрселорМиттал Темиртау»

Общая протяженность действующих горных выработок всех шахт суммарно на сегодняшний день составляет более 500 тысяч метров (рисунок 3).

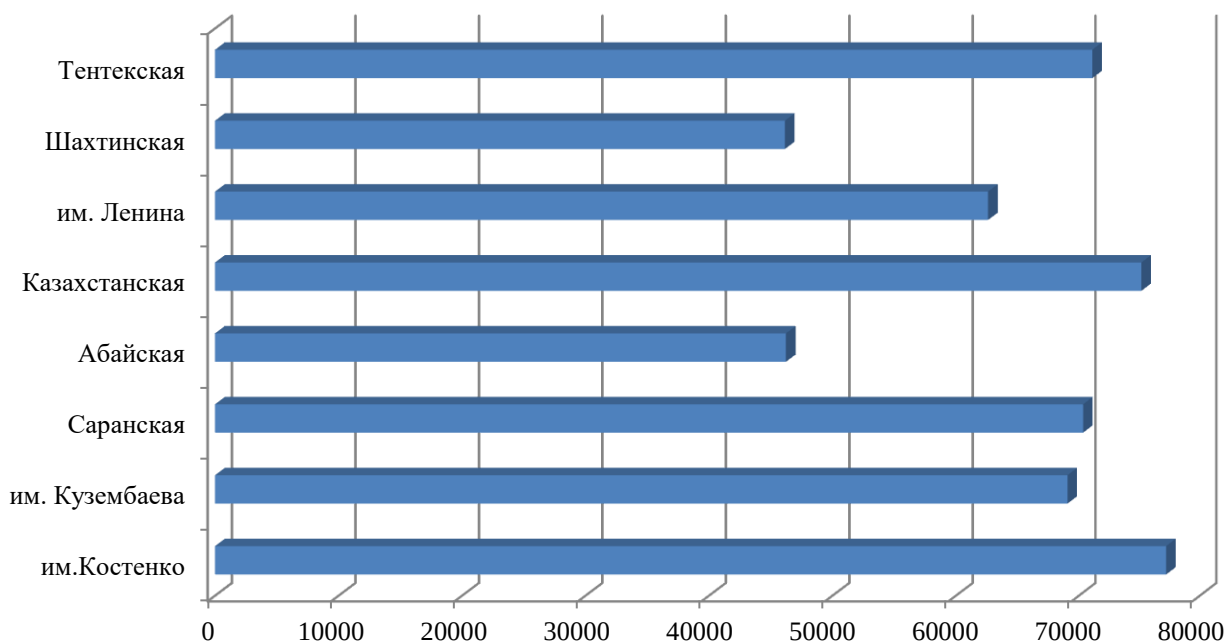


Рисунок 3 – Протяженность горных выработок по шахтам, м

Наиболее крупной в Карагандинском угольном бассейне является шахта им. Костенко, расположенная непосредственно в городе Караганда, на Промышленном участке. Научно-экспериментальные работы по теме диссертации проведены в условиях данной шахты.

Шахта им. Костенко образована в результате объединения и реконструкции шахт им. Костенко, «Стахановская» и «Карагандинская».

Общие балансовые запасы по шахте им. Костенко на сегодняшний день составляют около 230 млн. тонн. Сведения о временно неактивных, законсервированных в целиках запасах по шахте им. Костенко приведены на рисунке 4.

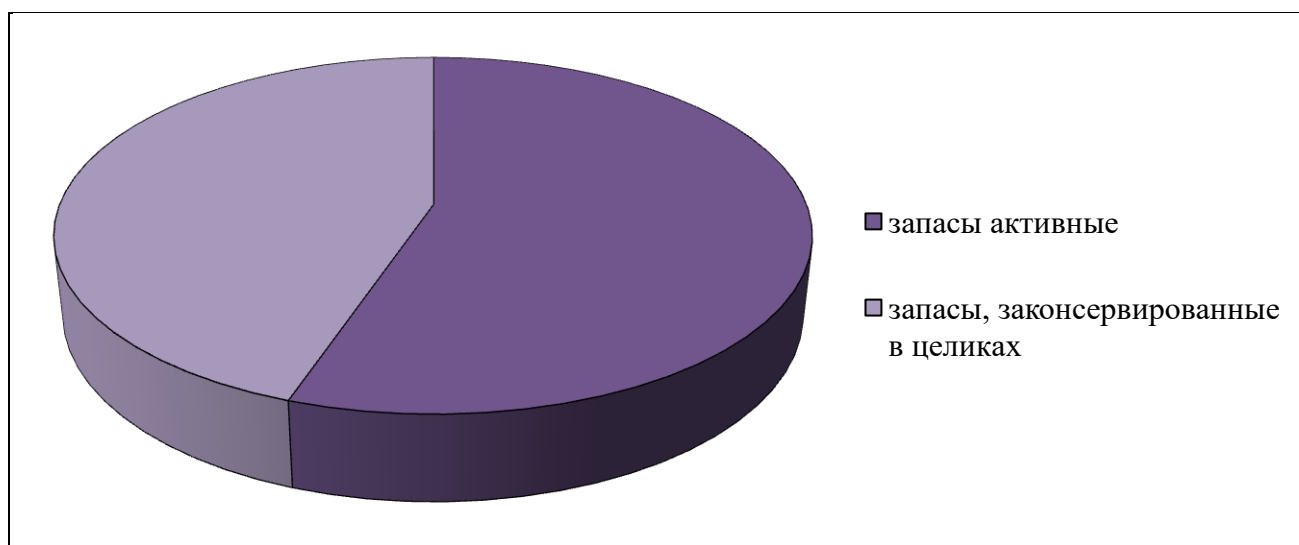


Рисунок 4 – Сведения о балансовых запасах шахты им. Костенко

Информацию по запасам, оставленным в целиках можно разделить на следующие категории (рисунок 5):

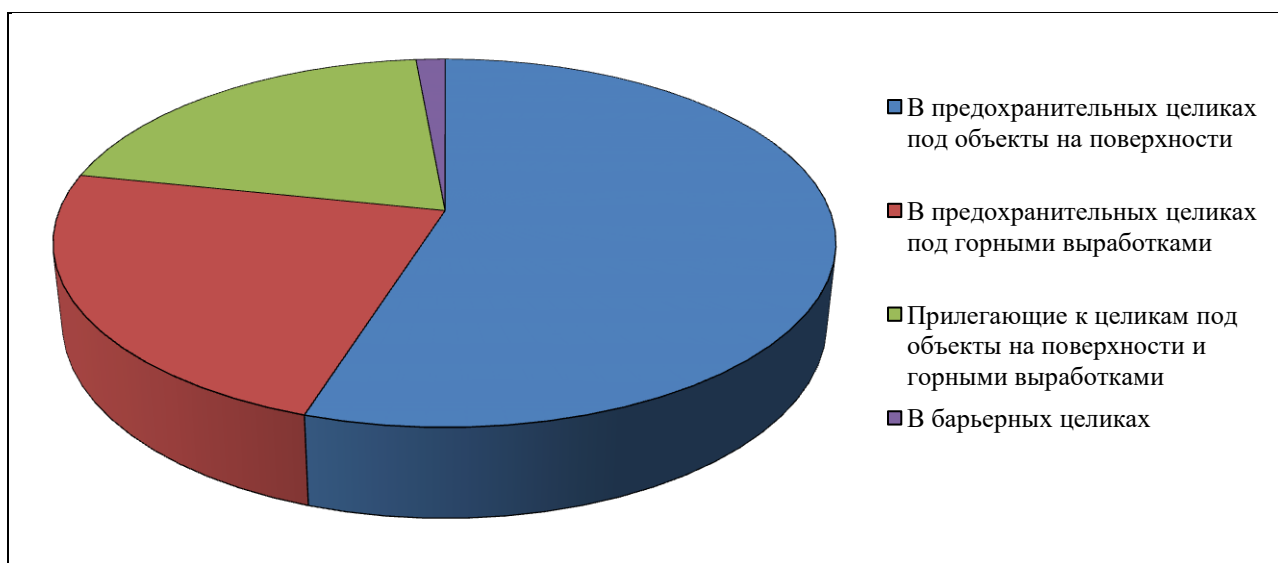


Рисунок 5 – Запасы по шахте им. Костенко, оставленные в целиках

Поле шахты вскрыто двумя скиповыми и двумя клетевыми стволами, пройденными до отм. 90 и 172 м, центрально-отнесенными клетевым и породным стволами, пройденными до нижней технической границы шахты (–100 м), а также тремя вентиляционными стволами (центральным и фланговыми), капитальными уклонами по пластам K_{10} и K_7 и квершлагами [9].

1.2 Опыт подработки зданий и сооружений на Промышленном участке Карагандинского угольного бассейна. Обзор и анализ характерных случаев подработки зданий и сооружений. Подработка поверхностных объектов в границах земельных отводов действующих шахт

В бассейне к настоящему времени накоплен определенный опыт подработки одно- двухэтажных жилых и общественных зданий большой протяженности и разнообразной конфигурации, различных по назначению и конструктивным особенностям (школы, детские сады, лечебные учреждения и клубы), одноэтажных промышленных (каркасных и бескаркасных) зданий, стадиона и других сооружений.

Подработка сооружений осуществлялась при угле падения угольных пластов $\alpha = 5 \div 10^\circ$ и вынимаемой мощности пластов $m = 0,65 \div 6,0$ м с применением сплошной, длинными столбами по простиранию и падению и камерной систем разработки, при управлении кровлей в первых двух случаях полным обрушением и закладкой выработанного пространства из бутовых штреков во втором случае.

Значительная часть сооружений претерпела многократную подработку двумя, тремя и более пластами. Подработка сооружений осуществлялась как без мероприятий, так и с отдельными горными конструктивными мерами

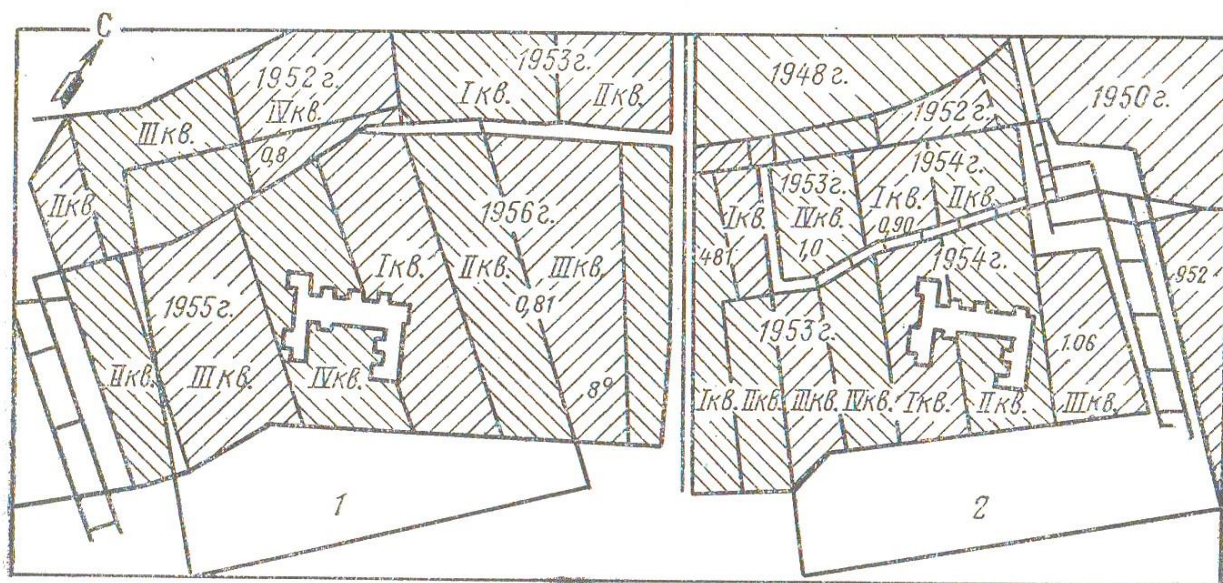
защиты, что уже само по себе позволяет произвести качественную оценку эффективности последних при различных горнотехнических условиях разработки угольных пластов.

Несмотря на довольно тяжелые нередко условия подработки, в бассейне имели место лишь единичные, заведомо допускаемые по технико-экономическим или другим соображениям, случаи разрушения подрабатываемых зданий или серьезные повреждения, грозящие выходом их из строя (здание почты, пожарное депо, здание бывшего треста Октябрьуголь).

В практике подработки сооружений в Карагандинском бассейне для защиты от вредного влияния горных разработок нашли применение как горнотехнические, так и конструктивные мероприятия.

Из горнотехнических мероприятий, снижающих влияние деформаций земной поверхности на подрабатываемые сооружения, нашло широкое применение рациональное планирование горных работ по одному или нескольким пластам, обеспечивающее оптимальное расположение подрабатываемых объектов в мульде сдвижения.

К таким случаям относится, например, подработка главного корпуса хлебозавода №1 горными работами шахты им. Горбачева по пластам K_7 и K_6 (рисунок 6).



1 – по пласту K_7 ; 2 – по пласту K_6

Рисунок 6 – План горных работ при подработке хлебозавода №1

Благодаря принятому планированию горных работ во времени и пространстве (по простираению и падению) по данным инструментальных наблюдений фактические суммарные вертикальные и горизонтальные деформации земной поверхности на участке хлебозавода от совместного влияния выемки пластов K_7 и K_6 не превосходили максимальных расчетных деформаций от выемки каждого пласта в отдельности, а на отдельных интервалах оказались даже меньше последних. В результате здание весьма удовлетворительно

перенесло многократную подработку без заметного ухудшения условий эксплуатации завода.

Аналогично этому сохранение здания бывшего треста Октябрьуголь при многократной подработке свитой угольных пластов суммарной вынимаемой мощностью 10,4 м может быть также объяснено рациональным планированием горных работ, в частности соблюдением определенного опережения очистной выемки верхнего слоя мощного пласта ($m=5,95$ м) Верхняя Марианна – K_{12} , обеспечившего взаимную компенсацию деформаций земной поверхности и равномерное оседание здания при подработке.

Выемка угля двумя одновременно расходящимися очистными забоями от разрезной печи, пройденной под серединой подрабатываемых объектов – школой №23, комплексом зданий на поле шахты им. Горбачева, школой №86 показала, что благодаря этому может быть обеспечено расположение подрабатываемого сооружения на участке мульды сдвижения с преимущественным влиянием относительных горизонтальных деформаций сжатия и вертикальных деформаций кривизны вогнутости в течение всего периода подработки. Показательны в этом отношении данные многолетних инструментальных наблюдений за подработкой здания школы №23 горными работами шахты «Стахановская» по пластам Четырехфутовому – K_{14} и Шестифутовому – K_{13} (рисунок 7).



1 – по пласту K_{14} ; 2 – по пласту K_{13}

Рисунок 7 – План горных работ при подработке школы №23 г. Караганды

В результате первичной и повторной подработок школы максимальные деформации здания и грунта достигли значений, приведенных в таблице 2.

Таблица 2 – Максимальные деформации здания и грунта

Оси здания	Наклоны, мм/м		Радиусы кривизны, км		Относительные горизонтальные деформации, мм/м	
	здания	грунта	здания	грунта	здания	грунта
От влияния выемки пласта K_{14}						
Б-Б	1,0	1,3	10	10	-0,7	-1,9
Г-Г	0,7	0,5	10	9	-0,7	-1,0
Ж-Ж	0,8	1,2	20	15	-0,8	-1,4
1-1	1,4	1,7	13	14	-0,8	-1,5
4-4	1,0	1,5	14	11	-0,5	-0,8
9-9	1,3	1,4	12	10	-0,7	-1,4
12-12	1,8	1,8	12	15	-0,8	-1,3
От влияния выемки пласта K_{14} и K_{13}						
Б-Б	3,8	2,9	3,0	2,9	-3,8	-3,9
Г-Г	3,1	3,3	2,9	2,7	-1,7	-2,4
Ж-Ж	3,0	3,2	5,0	3,6	-0,6	-1,4
1-1	1,8	2,5	4,6	2,6	-1,3	-2,5
4-4	1,0	1,4	5,9	2,7	-2,3	-4,8
9-9	1,6	2,0	3,7	3,4	-2,4	-3,3
12-12	1,6	1,5	5,3	5,9	-1,3	-2,1

Характерно, что в начальный период подработки на участке здания имели место небольшие (до 0,4 мм/м) относительные горизонтальные деформации растяжения. В дальнейшем по мере развития горных работ произошла их компенсация, и инструментальными наблюдениями по линиям стенных и грунтовых реперов отмечались повсеместно горизонтальные деформации сжатия. В этих условиях здание школы, отличающееся сравнительно небольшими размерами в плане, перенесло двукратную подработку весьма удовлетворительно.

Однако такой исход подработки с применением рассматриваемой меры защиты наблюдается далеко не во всех случаях, в частности не получен ожидаемый эффект от выемки расходящимися забоями пласта Вышесреднего – K_4 под зданием профилактория на поле шахты им. Горбачева (рисунок 8).

Несмотря на сравнительно легкие условия подработки ($H=330$ м, $m=1$ м), здание получило существенные повреждения. В местах сопряжения средней двухэтажной части с одноэтажными торцовыми крыльями оно оказалось рассеченным вертикально направленными трещинами на отдельные блоки. Большое число косых трещин наблюдалось также в кирпичной кладке стен, ослабленных проемами. Ширина трещин достигала 18 мм. Внутри здания было отмечено отслаивание штукатурки.

Столь существенные повреждения профилактория могут быть объяснены его большой протяженностью, а также наличием в основании здания третичных глин, резко снижающих несущую способность при замачивании, вызванном в данном случае относительным повышением уровня стояния грунтовых вод в результате подработки.

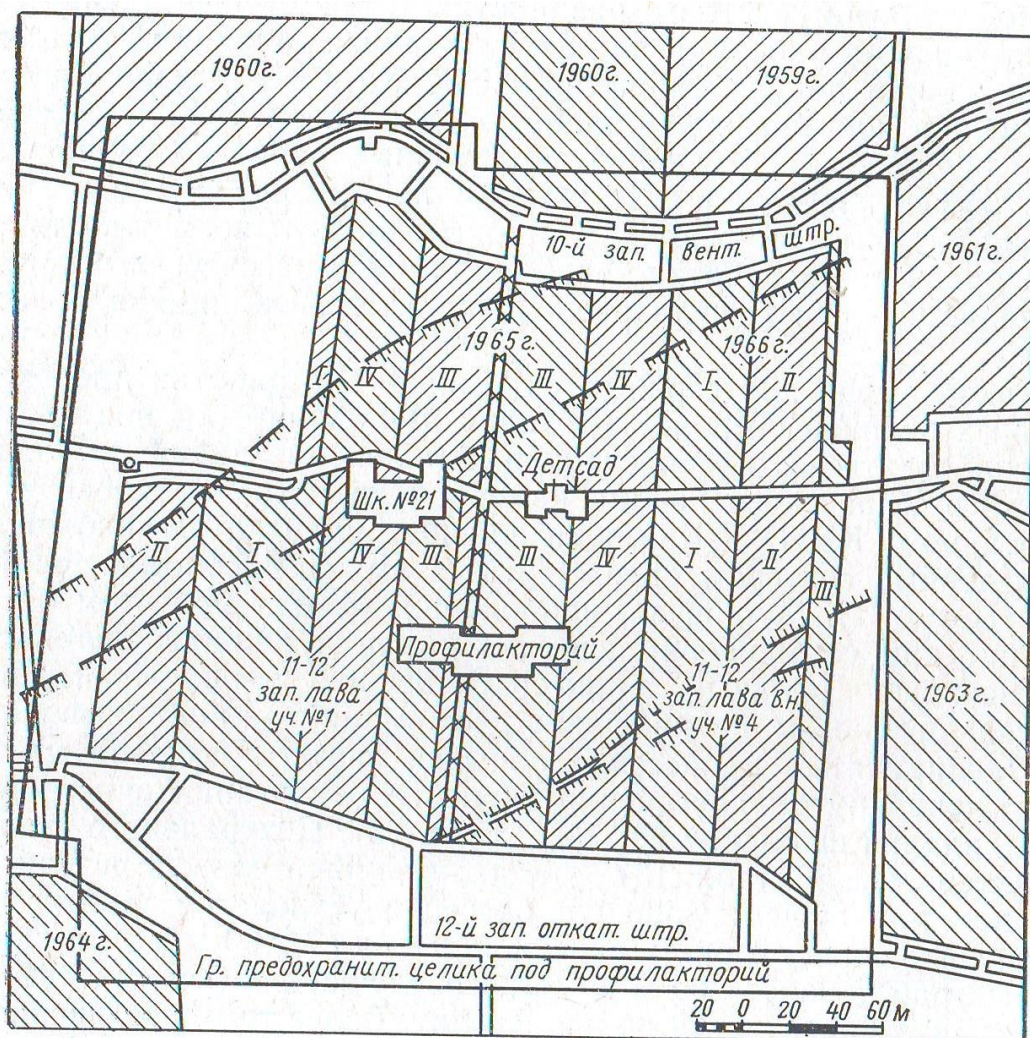


Рисунок 8 – План горных работ при подработке профилактория и школы № 21

Заслуживает внимания и имеющийся в бассейне опыт подработки сооружений с применением камерно-столбовой системы разработки мощных угольных пластов, назначением которой является уменьшение или даже практически полное исключение деформаций земной поверхности.

С применением камерно-столбовой системы разработки была осуществлена подработка горными работами по пласту Верхняя Марианна K_{12} комплекса зданий по ул. Амангельды в Старом городе. Хотя вследствие массового пушения покрывающей толщи пород на рассматриваемом участке из-за неправильного ведения заилочных работ не удалось выявить активность и оптимальные параметры системы с точки зрения охраны сооружений, этот опыт доказал возможность и целесообразность отработки такой системой запасов угля в пределах предохранительных целиков под капитальные здания и сооружения.

Предпринятые в бассейне попытки защиты подрабатываемых сооружений путем повышения скорости подвигания очистного забоя здания школы №26, Центрального стадиона «Шахтер» не дали положительных результатов, так как при существующей в бассейне технологии выемки угля, обеспечивающей скорость очистной выемки до 60 м/мес, и глубине горных работ более 200 м

заметного улучшения режима деформаций земной поверхности не происходит. Более того, повышение скорости подвигания очистного забоя при наличии в основании подрабатываемых сооружений плотных грунтов, характеризующихся высоким модулем деформаций, может отрицательно сказаться на исходе их подработки.

Так, проведенные исследования характера перераспределения отпора грунта на подошве фундаментов подрабатываемых крупнопанельных домов на поле шахты им. Костенко показали, что с повышением скорости протекания процесса сдвижения земной поверхности возрастает интенсивность перераспределения реактивного отпора грунта и, как следствие увеличиваются дополнительные усилия, действующие на здания и наоборот, при небольшой интенсивности протекания процесса движения в результате развития процессов ползучести в грунтах, а также некоторых пластических деформации в конструкциях зданий отпор грунта по подошве фундамента стремится к выравниванию, что влечет за собой уменьшение дополнительных усилий в здании.

С учетом изложенного, применение максимально возможной скорости подвигания очистной выемки может быть признано целесообразным не в качестве меры защиты, а лишь с целью сокращения продолжительности процесса сдвижения земной поверхности, а, следовательно, и сроков его влияния на подрабатываемые здания и сооружения.

Выполненное увеличение площади опирания плит покрытия на металлических прогонах в цехе ГШО и кроватном цехе машзавода №1, в отдельных зданиях Пришахтинской автобазы и УМР-5 позволило произвести частичную отработку запасов угля в предохранительном целике под рассматриваемыми сооружениями при полной гарантии безопасности трудящихся в цехах и отсутствии угрозы нарушения технологического процесса.

Эффективность металлических предварительно напряженных тяжей как меры защиты подрабатываемых зданий исследовалась в бассейне при подработке трехэтажного здания школы №83 горными работами шахты им. 50-летия Октябрьской революции по пласту Новому – К₁₈. Металлические тяжи установлены на уровне междуэтажных перекрытий над 2-м и 3-м этажами по продольным и поперечным сквозным стенам [10].

В современных условиях в Карагандинском угольном бассейне продолжается ведение подземных работ в пределах населенных пунктов.

Земельные отводы шахт Угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау» расположены на землях городов Караганды, Сарани, Абая, Шахтинска, Бухаржырауского и Абайского районов Карагандинской области и занимают общую площадь более 11000 га.

На основании анализа и изучения планов поверхности шахт, а также космоснимков земной поверхности были получены сведения о наличии поверхностных объектов на шахтах (таблица 3).

На территории города Караганда расположены две шахты: им. Куземаева и им. Костенко.

На земельном отводе шахты им. Костенко площадью 1370 га (один из земельных участков шахты на рисунке 9) общая площадь земельных участков по 202 поверхностным объектам, принадлежащих посторонним землепользователям, составляет 470 га.

Анализ плана поверхности шахты им. Костенко позволяет определить существующие поверхностные объекты и их количество.

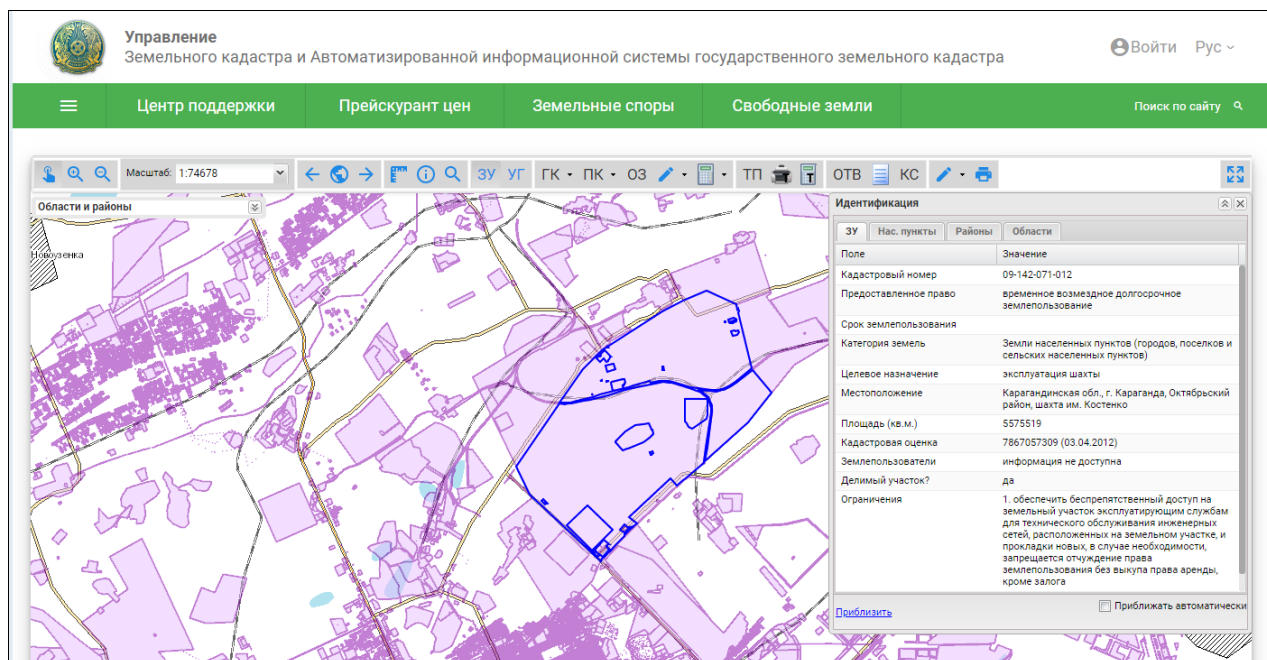


Рисунок 9 – Сведения из базы АИС ГЗК

Вследствие подработки на земной поверхности также происходит выход на поверхность грунтовых вод, что оказывает вредное влияние на экологическую обстановку в пределах шахтных полей (рисунок 10).



Рисунок 10 – Выход грунтовых вод на земную поверхность на шахте «Абайская»

Таблица 3 – Сведения о поверхностных объектах в пределах земельных отводов шахт АО «АрселорМиттал Темиртау»

Наименование шахты	Линейные объекты					Водные объекты	Лесона-саждения	Площадные объекты
	Автодороги	Железные дороги	Водопроводы	Линии связи	Линии электропередач			
им. Костенко	7-я магистраль, ул. Терешковой	+	+	+	+	-	+	+
им. Кузембаева	автодорога Кызылорда-Павлодар	+	+	+	+	река Сокур	+	+
Саранская	автодорога Караганда-Сарань-Шахтинск	+	+	+	+	река Сокур	+	+
Абайская	автодорога Караганда-Шахтинск-Есенгельды-Щербаковское-Киевка	+	+	+	+	-	+	+
им. Ленина	автодорога Караганда-Сарань-Шахтинск	+	+	+	+	-	-	+
Казахстанская	автодорога Караганда-Сарань-Шахтинск	+	+	+	+	река Тентек, река Шерубай-Нура	-	+
Тентекская	автодорога Караганда-Сарань-Шахтинск	+	+	+	+	река Тентек, река Шерубай-Нура	-	+
Шахтинская	автодорога Караганда-Сарань-Шахтинск	+	+	+	+	река Шерубай-Нура	-	+

Характерный случай применения конструктивных мер охраны линий электропередач имеется на шахте им. Кузембаева, где при подработке опор высоковольтных линий электропередач было произведено поднятие опоры (рисунок 11).



Рисунок 11 – Поднятие опоры ВЛ

Подработка поверхностных объектов имеет специфические особенности, обуславливаемые, прежде всего, тем, что вредному влиянию горных работ подвергается одновременно разнообразные типы сооружений.

1.3 Существующие технологические решения, направленные на сохранение объектов на земной поверхности при их подработке

В угольных бассейнах имеется огромное количество разнообразных по назначению и конструктивным схемам зданий, сооружений и коммуникаций в городах, поселках и промышленных комплексах, построенных без учета предстоящих горных работ. Ежегодно в мире подрабатываются тысячи объектов в различных горно-геологических условиях.

Опыт подработки зданий и сооружений за рубежом свидетельствует о том, что извлечение запасов угля под городами, поселками и отдельными сооружениями возможно не только без разрушения существующей застройки, но также без прекращения ее эксплуатации в период активной стадии процесса сдвижения земной поверхности. При этом для обеспечения сохранности подрабатываемых сооружений применяются различные меры их защиты – как горные, так и конструктивные.

Условия подработки отдельных сооружений или целых селитебных и промышленных комплексов определяются на основе всестороннего анализа горнотехнических и инженерно-геологических условий района или площадки застройки, конструктивных особенностей объектов подработки, их

технического состояния и хозяйственного значения с учетом экономических факторов и материально-технических возможностей шахты, ведущей подработку.

При этом возможны следующие принципиальные решения:

- подработка сооружения без каких-либо ограничений с последующим мелким или восстановительным (в зависимости от величины деформаций земной поверхности) ремонтом;
- подработка сооружения с применением горных защитных мероприятий;
- подработка сооружения с применением конструктивных мер защиты;
- подработка сооружения с применением конструктивных и горных мер защиты одновременно;
- снос сооружения перед подработкой.

Горные мероприятия (таблица 4) направлены в основном на уменьшение деформаций земной поверхности или на такое изменение режима этих деформаций, которое обеспечивало бы снижение их влияния на охраняемый объект.

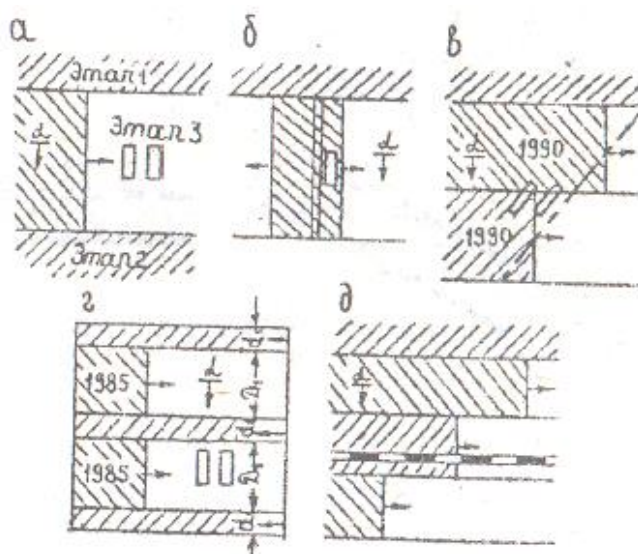
Защита подрабатываемых зданий при помощи конструктивных мероприятий по сравнению с закладкой мало отражается на себестоимости угля и обеспечивает добычу законсервированных запасов, что приводит к эффективной реализации затраченных средств и продлению сроков службы шахт [11].

Подработка сооружений без применения защитных конструктивных мероприятий целесообразна, как правило, при таких деформациях земной поверхности, когда повреждения конструкций не ожидаются или их величина не может превысить определенных значений, при которых условия эксплуатации сооружений изменяются в допустимых границах. При достаточно больших деформациях земной поверхности защита сооружений с помощью конструктивных мероприятий может не осуществляться, если к моменту подработки физический и моральный износ сооружения привел к потере его хозяйственной ценности. В этом случае должен планироваться снос сооружения. Конструктивные мероприятия направлены на усиление несущих и ограждающих конструкций с целью увеличения сопротивляемости зданий дополнительным силовым воздействиям со стороны деформируемого основания при подработке или на снижение этих силовых воздействий.

Эксплуатация здания в самых благоприятных условиях неизбежно связана с появлением незначительных повреждений, периодически устраняемых текущим ремонтом. Поэтому защита зданий от влияния подработки с обеспечением полного недопущения всяких повреждений экономически и технически нецелесообразна. Применение конструктивных мероприятий позволяет часто не только обеспечить бесперебойную эксплуатацию здания, но также снизить до необходимого минимума дополнительные затраты на устранение повреждений от подработки и в ряде случаев ограничиться текущим или внеплановым мелким ремонтом. Выбор того или иного защитного мероприятия или их комплекса производится в зависимости от конструктивных

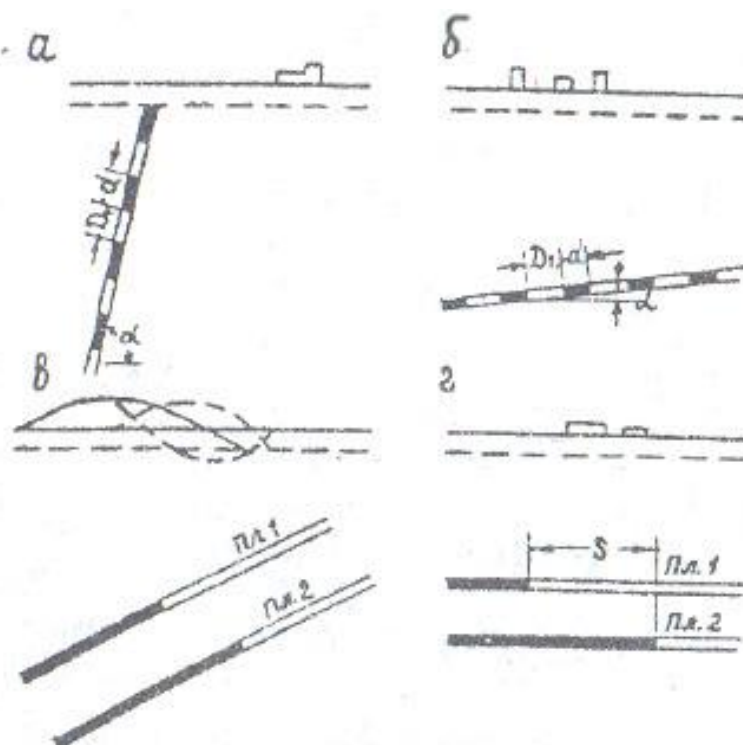
особенностей охраняемого здания, величины и направления деформаций земной поверхности.

Горные меры охраны (рисунки 12, 13) предназначены для уменьшения деформаций земной поверхности в основании подрабатываемого объекта.



а – в несколько этапов; б – двумя расходящимися забоями; в – забоями, движущимися с заданным опережением; г – "парными штреками"; д – короткими забоями, движущимися с опережением не менее $0,5H$

Рисунок 12 – Схема выемки запасов угля под объектами



а – частичная выемка запасов в крутых пластах; б – частичная выемка запасов в пологих пластах; в – выемка, исключающая суммирование однозначных деформаций; г – разработка пластов с разрывом во времени более продолжительности процесса сдвижения от одного пласта

Рисунок 13 – Горные меры охраны поверхностных объектов

Таблица 4 – Горные меры охраны подрабатываемых сооружений и природных объектов

№ №	Способы отработки пластов	Условия применения	Коэффициент извлечения запасов	Коэффициенты уменьшения деформаций земной поверхности по:			Характеристик подрабатываемых объектов
				простиран ию	падению	диагональному направлению	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	В несколько этапов (рисунок 12, а)	$H \leq 250 \text{ м}, \alpha \leq 30^\circ$ $\frac{\xi}{[\xi]} \leq 1,5$	Не изменяется	-	0,3	-	Обособленные здания и сооружения ограниченных размеров с четко выраженной продольной осью, ориентированной по линии падения пласта ($\pm 10^\circ$)
2	Двумя расходящимися забоями (рисунок 12, б)	То же	Не изменяется	-	0,3	-	То же
3	Забоями, движущимися с заданным опережением (рисунок 12, в)	То же	Не изменяется	-	-	0,5	То же, но продольная ось направлена диагонально к линии простираия
4	«Парными штреками» (рисунок 12, г)	$H \leq 350 \text{ м}, \alpha \leq 30^\circ$ $\frac{\xi}{[\xi]} \leq 1,5$ $D_1 = 1,5 \div 2,00 d_1$					То же, но продольная ось направлена по падению или диагонально
5	Короткими забоями, движущимися с опережением не менее $0,5H$ (рисунок 12, д)	$H > 150 \text{ м}, \alpha < 60^\circ$ $\frac{\xi}{[\xi]} \leq 2,5$	Не изменяется	0,3 0,5	-	-	Железные дорога, трубопроводы и другие объекты, ориентированные по направлению движения забоя по простираию

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8
6	На неполную мощность пласта	Для зданий и сооружений; для водных объектов [m]определяется обратным расчетом	$\frac{[m]}{m}$	-	$\frac{[m]}{m}$		Объекты ограниченных размеров, водные объекты
7	С закладкой выработанного пространства	$m, \leq [m]$ - экономическая целесообразность	0,9-1,0		0,1-0,5		Города, поселки, заводы, комплексы сооружений; водные объекты
8	Камерами с закладкой	$H > 100\text{ м}$, $\alpha \leq 30^\circ$ когда другие меры неприм.мы; $d = D_1 < 10\text{ м}$	0,5-0,7		Менее 0,1		Ответственные объекты ограниченных размеров, когда строительные мероприятия не могут быть применены; подработка площадей с высоким уровнем грунтовых вод
9	Частичная выемка запасов в крутых пластах (рисунок 13, а)	$150 \leq H \leq 500\text{ м}$, $\alpha \leq 30^\circ$ $m \leq 2,5\text{ м}$, один пласт $D_1 = 30 \div 100\text{ м}$, $D = (0,3 \div 0,7) D_1$	0,5-0,6 $\frac{D_1}{D_1 + d}$		0,1 и менее		Объект расположен над породами лежащего бока разрабатываемого пласта
10	Частичная выемка запасов в пологих пластах (рисунок 13, б)		0,6-0,7 $\frac{D_1}{D_1 + d}$		0,05-0,4		Объекты, требующие уменьшения ожидаемых деформаций земной поверхности не менее чем в 2,5 раза

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8
11	По схемам, исключающим полное суммирование однозначных деформаций (рис. 13, в)	$\alpha < 30^\circ$; свита пластов; для водных объектов не более трех пластов при выполнении условия $\sum K_o \leq K_{o1}$	Не изменяется		0,3-0,5		Здания и сооружения, для которых $\xi \geq 3 \cdot 10^{-3}$ водные объекты, расположенные на земной поверхности или приуроченные к аллювиальным отложениям
12	Разработка пластов с разрывом во времени более продолжительности процесса сдвига от одного пласта (рис. 13, г)		То же	Деформации не превосходят максимальных деформаций от одного наиболее мощного пласта			Объекты, для которых последствия от первой подработки могут быть полностью ликвидированы (железные дороги, трубопроводы и др.)
13	С разделением пласта на слон		До 1	Снижения деформаций земной поверхности не требуется			Водные объекты
14	Оставление предохранительных целиков		0	До безопасных величин			Ответственные сооружения, водные объекты

Обозначения: H – глубина горных работ; α – угол падения пласта; ξ – ожидаемые горизонтальные деформации; $[\xi]$ – допустимые горизонтальные деформации; D_1 – ширина выработанного пространства; d_1 – предельная ширина очистной выработки, при которой сдвиг пород не достигает земной поверхности; $[m]$ – допустимая вынимаемая мощность пласта; m – мощность пласта; m_3 – эффективная мощность пласта при применении; d – ширина междукammerного (междулавного) целика; $\sum K_o$ – ожидаемая максимальная суммарная кривизна на нижнем контуре водного объекта, обусловленная выемкой данного и ранее отработанных пластов; K_{o1} – ожидаемая максимальная кривизна на нижнем контуре водного объекта, обусловленная выемкой верхнего пласта на безопасной глубине; S – опережение при разработке свиты пластов; C – скорость подвигания забоя; T – продолжительность процесса сдвига; h_r – мощность глин и суглинков в основании водного объекта; m_c – мощность слоя при разработке пласта слоями.

Выбор наиболее приемлемой меры охраны сооружений осуществляют в следующей последовательности.

В соответствии с представленным вариантом полного извлечения запасов угля обычным для шахты способом определяют максимальные ожидаемые деформации поверхности под охраняемым объектом. Расчет производят по тем видам деформаций, по которым заданы допустимые деформации. При отработке нескольких горизонтов и выемке свиты пластов определяют ожидаемые суммарные деформации поверхности на каждый характерный этап планируемой выемки запасов. При этом в качестве окончательных значений принимают максимальное из полученных на все характерные этапы отработки запасов.

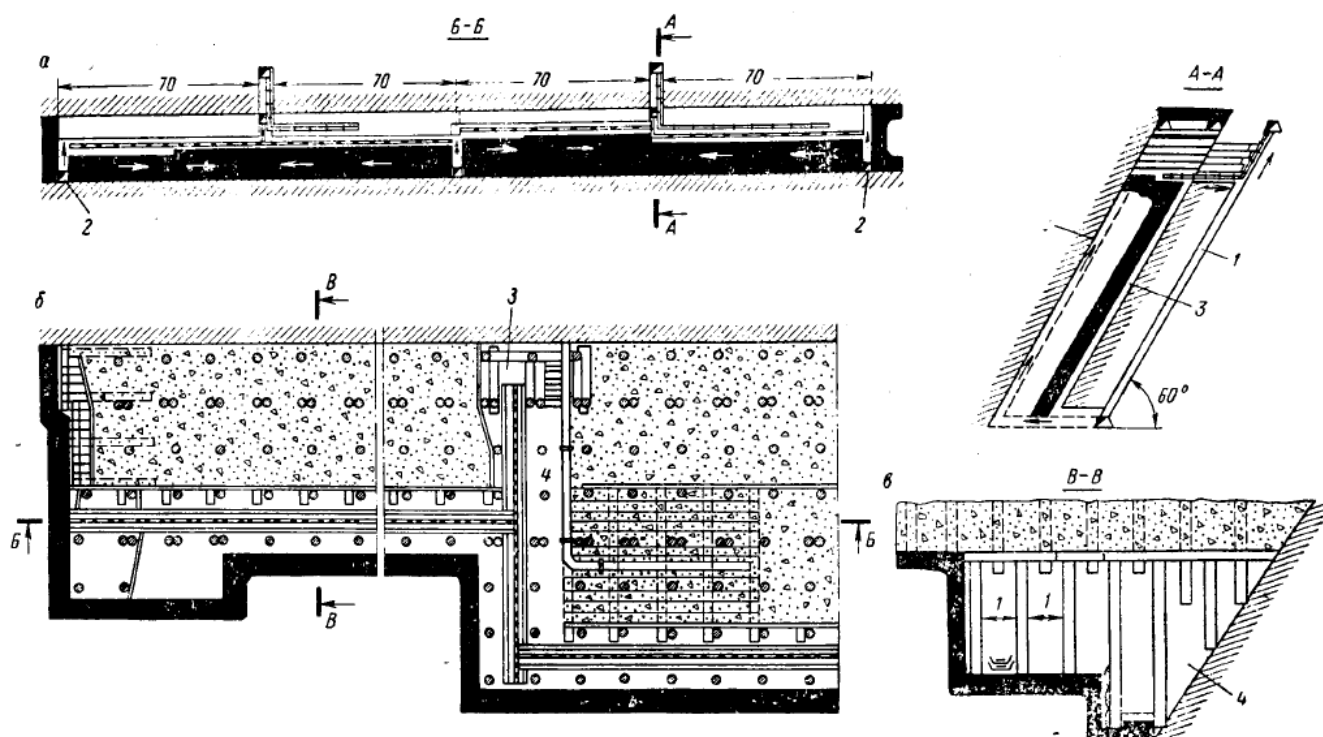
Допустимые деформации охраняемого объекта сравнивают с ожидаемыми и определяют коэффициент необходимого уменьшения деформаций с помощью проектируемых горных мер (λ), равный отношению допустимых деформаций к максимальным ожидаемым. Если допустимые деформации заданы несколькими показателями, то сравнивают каждый из них, а горные меры выбирают исходя из наименьшего коэффициента λ . Если допустимые деформации заданы только по наиболее опасному для сооружения направлению, то защитные горные меры рассчитывают по этому направлению.

В зависимости от найденного коэффициента необходимого уменьшения деформаций земной поверхности выбирают возможные способы извлечения запасов угля в зоне влияния на охраняемый объект.

На основе анализа конкретных геологических условий, технологических возможностей шахты в развитии горных работ, а также факторов, определяющих дополнительные затраты, окончательно выбирают меры защиты. Параметры выбранных горных мер охраны для зданий и сооружений определяют из опыта и результатов наблюдений.

1.3.1 Технологические схемы ведения горных работ с закладкой выработанного пространства

Одним из эффективных способов управления горным давлением при ведении очистных работ является закладка выработанного пространства [12], которая в первую очередь, способствует предотвращению нарушений рельефа земной поверхности и уменьшению последствий подработки расположенных на земной поверхности инженерных сооружений и других охраняемых объектов. Кроме того, при ведении очистных работ с закладкой выработанного пространства (рисунок 14) решается проблема безотходного, экологически безопасного производства, связанного с использованием пустых пород в качестве закладочного материала, а также могут быть использованы отходы (хвосты) обогатительных фабрик, металлургические шлаки и другие материалы.



a – общий вид системы, *б* – очистной забой в плане, *в* – начальное положение лавы, 1 – закладочный скат, 2 – вентиляционный скат, 3 – углепускные скаты, 4 – конвейерный орт

Рисунок 14 – Технологическая схема отработки с закладкой выработанного пространства

Закладка как технологический процесс включает в себя операции по приготовлению, транспортированию закладочного материала и размещению его в выработанном пространстве. Достоинства и недостатки закладки выработанного пространства отражены в таблице 5.

Таблица 5 – Достоинства и недостатки ведения горных работ с закладкой

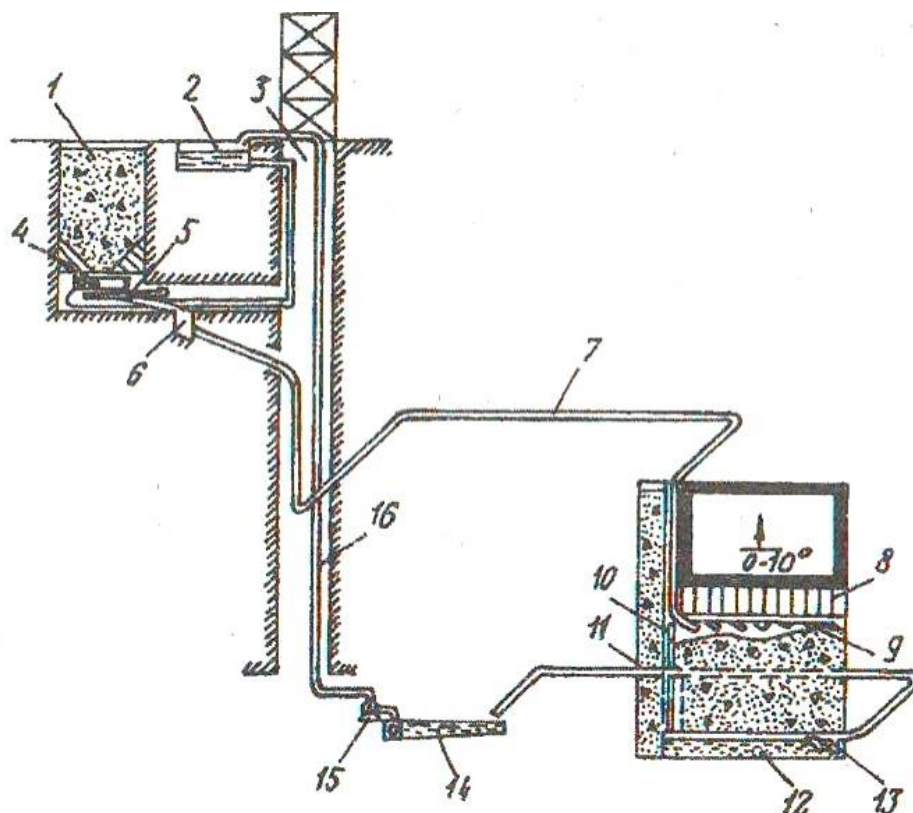
Достоинства	Недостатки
– исключение нарушений рельефа земной поверхности, образования провалов на поверхности (экологическая проблема)	– весьма трудоемкий дополнительный процесс в технологической схеме подземной добычи угля
– охрана инженерных сооружений и других объектов на земной поверхности	– чрезмерно высокая стоимость закладочных работ (составляет 15–20% стоимости работ по добыче угля)
– уменьшение пожароопасности при разработке пластов, уголь которых склонен к самовозгоранию, увеличение безопасности работ	
– снижение потерь полезного ископаемого в недрах	

Закладка выработанного пространства применяется в тех случаях, когда возникает необходимость сохранения на поверхности земли зданий, инженерных сооружений и других особо важных объектов, когда другие, более простые и дешевые способы решения данной проблемы в заданных горно-геологических условиях не могут обеспечить безопасную и эффективную добычу угля.

1.3.2 Технология закладки выработанного пространства на бывших шахтах «Актасская» и им. 50-летия Октябрьской революции

В Республике Казахстан имеется опыт применения гидро- и пневмозакладки. В 1980-1990-е годы в Карагандинском бассейне отработка запасов угля, залегающих под застроенной территорией, с закладкой выработанного пространства осуществлялась на шахтах им. 50-летия Октябрьской революции и «Актасская».

На шахте им. 50-летия Октябрьской революции для охраны подрабатываемых зданий и сооружений при выемке угля пластов K_{18} и K_{13} использовалась гидравлическая закладка выработанного пространства (рисунок 15).



- 1 – заглубленный бункер емкостью 1350 м³; 2 – водяные резервуары 2/2000 м³; 3 – ствол;
 4 – качающийся питатель; 5 – контрольная решетка; 6 – приемно-смесительный колодец;
 7 – закладочный трубопровод диаметром 150 мм; 8 – механизированная крепь; 9 – опалубка;
 10 – временный забойный илосборник; 11 – водоотводный деревянный короб;
 12 – участковый водосборник отстойник; 13 – перекачивающий насос; 14 – общешахтный водосборник; 15 – водоотливный насос; 16 – водоотливный водопровод

Рисунок 15 – Гидрозакладочный комплекс шахты 50-летия Октябрьской революции

На 01.01.1989 года с гидравлической закладкой в условиях шахты было добыто 1100 тысяч тонн угля, в том числе отработано 8 выемочных столбов по пласту K18 с запасами 642 тысяч тонн. Среднесуточная нагрузка на очистной забой при отработке пласта K13 доведена была до 1000 тонн.

По результатам инструментальных наблюдений ВНИМИ, в зоне влияния ведения горных работ по пласту K18 с гидравлической закладкой оседание земной поверхности составило 300-550 мм, что не оказало существенного влияния на эксплуатацию расположенных в зоне подработки зданий и инженерных коммуникаций.

Промышленные запасы шахты «Актасская», представленные пластами карагандинской свиты, большей своей частью находились под застроенной территорией поселка Актас, включающего в себя гражданские и промышленные объекты. В 1990 году шахтой отрабатывались угольные пласты K14, K13, K12, K10. Суммарная мощность отрабатываемых пластов составляла 12,5 м. Как показывает опыт отработки данных пластов шахтами бассейна, при выемке угля с полным обрушением кровли суммарное опускание земной поверхности достигает 10,5 м, а её деформация значительно превышает допустимые.

Силами бывшего КНИУИ выполнялись исследования по технологии пневмозакладочных работ на шахте «Актасская» ПО «Карагандауголь». Были проведены ряд экспериментов, в том числе на экспериментальном пневмозакладочном участке б. шахты «Актасская». Сопоставляя результаты исследований по закладке шахтной породы угольных шахт и соляных отходах, а также пустой породы от проходки выработок были получены ряд положительных результатов, которые позволили учесть влияние основных факторов, оказывающих существенное влияние на эффективность функционирования технологических схем и средств закладки.

Для решения проблемы размещения породы в шахте были рассмотрены физико-механические параметры, транспортабельные свойства материалов, подлежащих закладке, параметры формирования закладочного массива, вопросы, связанные с проявлением горного давления. Были определены оптимальные технологические параметры, реализованные в конструктивных схемах средств и оборудования для дозирования закладочного материала в транспортный трубопровод, трубопроводной оснастке, средствах активизации производства процессов закладки.

Пласт K12 мощностью 5,2 м в пределах экспериментального участка имел сложное строение и состоял из 14-20 пачек угля, переслаивающихся аргиллитами мощностью 0,2-2,5 см с включением прослоек колчедана с углем. Непосредственная кровля пласта представлена неустойчивыми аргиллитами мощностью 2-5 м. Угол падения пласта –20°. Отработка пласта осуществлялась в два слоя.

Горный отвод экспериментального участка, отрабатываемом лавой 40K12-1В, расположен на восточном крыле шахтного поля. На западе участок граничит с шахтным полем, на востоке – с охранным целиком восточного

вентиляционного ствола, с севера и юга – с пластовыми выработками (вентиляционным и конвейерным штреками). Экспериментальным участком осуществляется выемка верхнего слоя пласта K12 мощностью 2,6 м. На поверхности экспериментального участка расположен охраняемый объект – Актасский кирпичный завод.

Лава 40K12-1В была оснащена выемочно-закладочным комплексом КМЗ-81, базирующимся на серийно выпускаемом комплексе КМ-81э, у которого заднее ограждение заменено на задний козырек с навесным закладочным оборудованием.

Для ведения закладочных работ на шахте «Актасская» был построен, и введен в эксплуатацию пневмозакладочный комплекс, включающий в себя поверхностные и подземные объекты (рисунок 16).

В качестве источника сжатого воздуха первоначально использовался передвижной генератор сжатого воздуха ГСВ-500, который в дальнейшем был заменен на стационарную компрессорную станцию.



Рисунок 16 – Схема работы пневмозакладочного комплекса на шахте «Актасская»

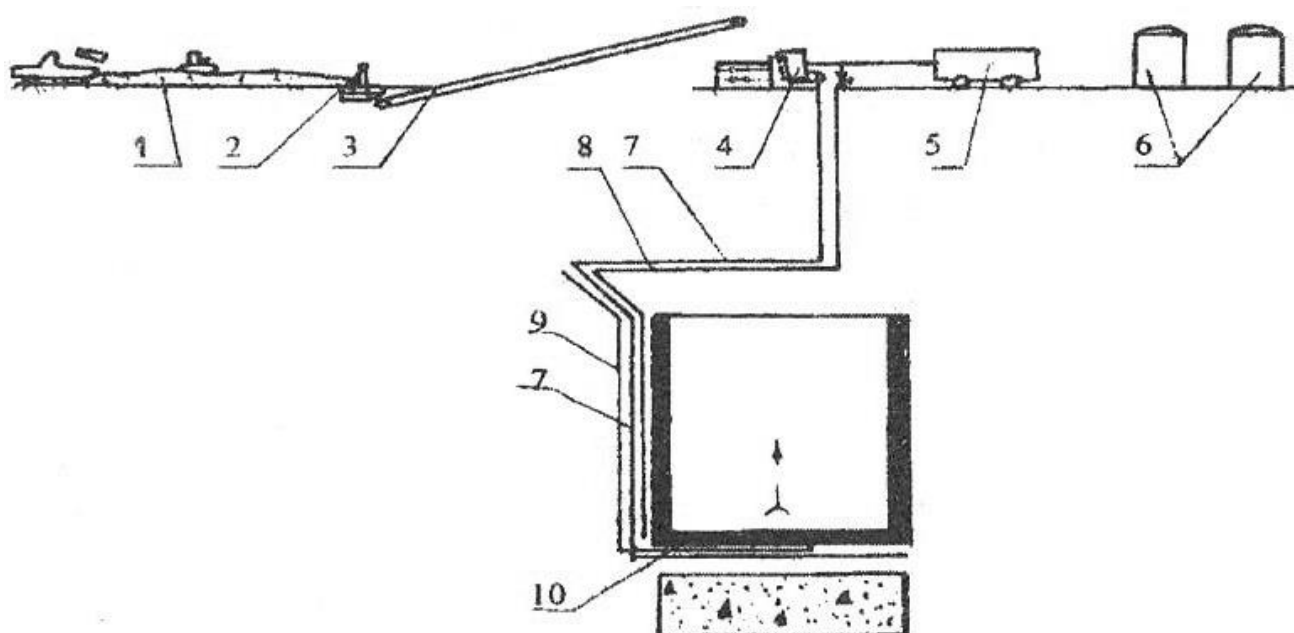
Технологическая схема выемки угля с пневматической закладкой выработанного пространства представлена на рисунке 17, в данной схеме использовалась бесперегрузочная подача закладочного материала по трубопроводу с поверхности в лаву при помощи энергии сжатого воздуха.

Опытной проверкой технологии и комплекса оборудования выемки угля с пневматической закладкой выработанного пространства предусматривалось

определить работоспособность бесперегрузочной пневмотранспортной системы «поверхность-очистной забой», пропускную способность транспортного трубопровода, производительность пневмозакладочного комплекса.

В процессе приемочных испытаний опытного образца комплекса пневматической закладки была подтверждена работоспособность технологии и комплекса оборудования.

За период эксплуатации комплекса добыто свыше 300 тысяч тонн угля и уложено в выработанное пространство около 200 тыс. м³ закладочного материала. Среднесуточная нагрузка на очистной забой в 1987-1988 гг. составила 300 т, максимально достигнутая – 500 т; себестоимость добычи угля с пневматической закладкой составила 5,96 руб/т. В качестве закладочного материала использовались дробленая шахтная порода, порода отвалов обогатительных фабрик и перегоревших терриконов.



1 – склад закладочного материала; 2 – качающийся питатель; 3 – ленточный конвейер; 4 – пневмозакладочная машина; 5 – генератор сжатого воздуха; 6 – склады горючего; 7 – магистральный пневмозакладочный трубопровод; 8 – воздухопровод 100 мм; 9 – участковый воздухопровод 80 мм; 10 – пневмозакладочный забойный распределительный трубопровод 225мм

Рисунок 17 – Технологическая схема выемки угля с пневматической закладкой выработанного пространства на шахте «Актасская»

Данные инструментальных наблюдений показали, что при выемке верхнего слоя пласта К12 мощностью 2,6 м с пневматической закладкой выработанного пространстве суммарная конвергенция вмещающих пород составила 850-1220 мм, в том числе конвергенция вмещающих пород впереди очистного забоя – 234 мм, в призабойном пространстве – 230 мм, в закладочном массиве – 750 мм. Величина суммарной конвергенции вмещающих пород составила 33-47 % вынимаемой мощности пласта, что согласуется с

полученными результатами аналогичных исследований, проведенных в других бассейнах страны, и за рубежом, при которых конвергенция вмещающих пород составляла 30-50 %.

По данным инструментальных наблюдений на июль 1988 г., оседание земной поверхности по профильной линии, расположенной в середине выемочного столба, составляет 290-310 мм и при отходе лавы от разрезной печи на 350 м, при этом горизонтальные деформации земной поверхности оставили 2,1 %, что находится в пределах допустимых значений [13].

Таким образом, технологическая схема и комплекс оборудования пневматической закладки выработанного пространства позволила осуществлять выемку запасов угля под охраняемыми объектами III-IV категории охраны с применением конструктивных и защитных мер защиты инженерных коммуникаций.

1.3.3 Технологические схемы проведения выработок с размещением породы в выработанном пространстве. Закладочные материалы в условиях Карагандинского угольного бассейна

Размещение породы в выработанном пространстве благоприятно влияет на состояние подрабатываемой поверхности, снижая ее деформацию, не нарушая водный режим и сохраняя ее для промышленного и сельскохозяйственного использования [14].

Исследования в значительном объеме были основаны на применении в качестве закладочного материала шахтной породы, но в большей степени использовались соляные мелкозернистые отходы, которые позволяли достигнуть достоверных результатов по закладочному массиву, определению оптимальных параметров закладочных устройств и трубопроводной оснастки, что в конечном итоге способствовало разработке и внедрению более эффективных схем закладочных работ.

Вопросами размещения шахтной породы под землей без выдачи ее на поверхность занимались многие НИИ и проектно-конструкторские институты: б. ИГД им. А.А. Скочинского, ИГД им. Кунаева НАН РК, б. КНИУИ, ДонУГИ, АО «Карагандагипрошахт» и др., а также известные ученые: Е.И. Рогов, Н.А. Дрижд, Щ.А. Алтаев, С.С. Квон, Н.К. Бужин, И.И. Весков, В.В. Быстров и др. Применительно к Карагандинскому бассейну был выполнен ряд исследований В.Ф. Шмидтом, В.Ф. Самусевым, Ф.М. Клепцовым, М.П. Васильевым, Э.Г. Оганезовым, А.А. Тюрморезовым и др., которые внесли большой вклад в развитие технологии с закладкой выработанного пространства, однако многими из них в недостаточной степени учитывались не актуальные для того времени проблемы экологии, связанные с размещением породы в отвалах, выбросом вредных веществ и совсем не рассматривались вопросы, связанные с совершенствованием технологических схем с высокопроизводительными лавами.

Установлено, что при комплексном учете факторов (подземного и поверхностного транспорта, отвалообразования, экологического ущерба и т.д.), размещение породы в шахте, получаемой от проходки выработок, селективной выемки и других источников, выгоднее на 20-30%, чем выдача ее на поверхность.

Для закладки были использованы следующие сырьевые ресурсы Карагандинского региона: песок и песчано-гравийная смесь – 150 млн.м³; отходы ОФ и обогатительных установок – 0,5-1,0 млн.м³/год; шахтная порода, ежегодно выдаваемая на поверхность объемом 0,4-0,6 млн.м³.

В условиях шахты «Актасская» для пневматической закладки выработанного пространства применялись различные отходы производства, в том числе свежая порода этой шахты, перегоревшие породы терриконов шахты «Карагандинская», отходы кирпичного завода №1-2 пос. Актас.

Результаты исследований формы частиц, проведенные на карагандинских закладочных материалах по критериям формы, приведены в таблице 6, где $\alpha = v/w$; $\xi = d_{\min}/d_{\max}$, v – скорость свободного падения; w – гидравлическая крупность (при испытаниях в водной среде); $d_{\min}$ и $d_{\max}$, соответственно, минимальные и максимальные поперечники частиц [15].

Таблица 6 – Критерии формы частиц

Объект исследований	Критерии		
	ψ	α	ξ
Слоистый песчаник	1,13	0,54	0,22
Среднезернистый песчаник	1,18	0,68	0,31
Алевролит	1,14	0,57	0,28
Смесь песчаника и алевролита	1,15	0,60	0,30
Порода ОФ	1,17	0,63	0,38
Щебень (песчаник)	1,18	0,66	0,34
Гравий (песчаник)	1,31	0,83	0,42

Выбор закладочного материала определяется двумя видами факторов: геомеханическими и технологическими. Геомеханические – это глубина разработки пластов, угол их залегания, мощность, сближенность и назначение закладочного массива. Технологические – система разработки, технология очистных работ, вид транспорта закладочного материала.

Геомеханические факторы являются более или менее стабильными, технологические же могут изменяться по мере совершенствования систем разработки и технологии очистных работ.

Между показателем ψ и критериями формы существует корреляционная связь:

$$\psi = 0,8 + 0,6 \alpha; \quad \psi = 1,0 + 0,54 \xi$$

По технологическим факторам закладочные материалы должны удовлетворять требованиям по крупности, влажности, абразивности и др.

При решении вопроса применения закладки выработанного пространства выбор закладочного материала должен производиться с учетом следующих факторов:

- закладочный материал по своим физико-механическим свойствам должен быть пригоден для выбранного способа закладки;
- запасы закладочного материала должны быть в количестве, необходимом для обеспечения в нем потребности шахты в течение продолжительного периода;
- себестоимость добычи 1т угля с закладкой должна быть при использовании выбранного материала по возможности минимальной.

Горнотехнические факторы предъявляют к закладочному материалу следующие требования: обеспечение необходимой несущей способности и минимальной усадки при фиксированной влажности и содержании мелких фракций [15].

1.4 Постановка цели и задач исследования

Ежегодно в мире при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом подрабатываются множество зданий, сооружений и инженерных коммуникаций в разных горно-геологических условиях. Разработка угольных пластов под застроенными территориями на протяжении многих лет является актуальной и острой проблемой и для Карагандинского угольного бассейна.

Анализ и обобщение сведений о подработанных объектах, способах охраны поверхностных зданий и сооружений от вредного влияния подземных горных работ, полученных результатах, позволили сформулировать цели и задачи диссертационной работы.

Цель работы заключается в разработке эффективных технологических схем отработки угольных пластов под охранными сооружениями на земной поверхности.

Для выполнения поставленной цели были определены задачи исследования, включающие в себя комплекс последовательно выполняемых работ.

На первом этапе необходимо провести анализ современного состояния рельефа местности на земельных отводах шахт, а также имеющихся объектов на земной поверхности на полях действующих шахт Карагандинского угольного бассейна. На основании полученного анализа определить наиболее актуальные проблемы подработки поверхностных объектов.

На втором этапе после определения объекта для проведения исследования следует определить характер и численные параметры процесса сдвижения земной поверхности вследствие ее подработки на основе проведенных высокоточных инструментальных маркшейдерско-геодезических наблюдений.

Для получения дополнительных данных о сдвигениях земной поверхности необходимо провести цикл наблюдений за деформациями имеющихся поверхностных объектов.

На третьем этапе исследования на основе разработанной методики необходимо построить конечно-элементную математическую модель процесса сдвижения горных пород и земной поверхности исследуемого участка с учетом многократной подработки, произвести анализ достоверности построенной модели процесса сдвижения горных пород и земной поверхности путем сравнения полученных значений деформаций земной поверхности с результатами натурных маркшейдерско-геодезических измерений. В дальнейшем, используя построенную конечно-элементную модель напряженно-деформированного состояния массива горных пород, исследовать получаемые расчетные значения и векторы сдвижений земной поверхности при отработке лав с разработанными технологическими схемами отработки угольных пластов с частичной закладкой выработанного пространства. Для автоматизации определения технологических решений отработки угольных пластов при подработке различного типа поверхностных объектов разработать компьютерную программу для условий Карагандинского угольного бассейна.

На четвертом этапе следует выполнить расчет допустимых и предельных деформаций на примере подработки проектируемых газораспределительных сетей газопровода «СарыАрка» по городу Караганда. Применив разработанную методику построения модели напряженно-деформированного состояния массива горных пород, выполнить расчет ожидаемых величин сдвижений земной поверхности с использованием разработанной технологической схемы с частичной закладкой выработанного пространства. На заключительном этапе произвести расчет экономической эффективности разработанной технологической схемы отработки угольных пластов под охранными объектами на поверхности и расчет затрат на 1 т добытого угля.

По результатам проведенных научно-методологических и исследовательских работ сделать выводы и возможности применения разработанных технологических схем с частичной закладкой выработанного пространства в условиях Карагандинского угольного бассейна для сохранения и безопасной эксплуатации подрабатываемых поверхностных объектов.

Выводы по главе 1

В Карагандинском угольном бассейне к настоящему времени накоплен определенный опыт подработки зданий и сооружений. Как видно из приведенных данных, для защиты эксплуатируемых зданий и сооружений от вредного влияния горных работ в бассейне применялись следующие конструктивные мероприятия: разрезка несущей конструкции сооружений каркасного типа на короткие отсеки с одновременным повышением пространственной их жесткости путем установки вертикальных металлических связей; увеличение площади опирания плит перекрытия и прогонов на несущие

конструкции; подведение под здание жесткой железобетонной плиты; усиление стен кирпичных зданий металлическими предварительно напряженными тязами; устройство компенсационных траншей вдоль зданий.

В качестве одного из горных мероприятий [16] по охране поверхностных объектов использовалась закладка выработанного пространства, являющаяся эффективным способом сохранения целостности и безопасности подрабатываемых объектов. В современных условиях закладку следует рассматривать и как способ защиты окружающей среды от техногенного воздействия подземных работ.

В Карагандинском угольном бассейне отработка запасов угля, залегающих под застроенной территорией, с закладкой выработанного пространства осуществлялась на бывших шахтах им. 50-летия Октябрьской революции и «Актасская». При этом по результатам инструментальных наблюдений в зоне ведения горных работ с закладкой значения оседаний земной поверхности находились в пределах допустимых величин, что не оказало существенного влияния на эксплуатацию расположенных в зоне подработки зданий и инженерных коммуникаций.

Одновременно с этим проводились исследования по возможности применения песка, песчано-гравийной смеси, отходов обогатительных фабрик и обогатительных установок, соляных отходов, шахтной породы, перегоревшей породы терриконов в качестве закладочного материала.

В настоящее время большое количество поверхностных объектов сосредоточено на земельных отводах шахт им. Костенко, им Кузембаева, «Саранская» и «Абайская» УД АО «АрселорМиттал Темиртау».

Обобщенные данные об условиях подработки зданий и сооружений горными работами действующих шахт Карагандинского бассейна свидетельствует о том, что при подработке каждого поверхностного объекта необходимо производить расчет ожидаемых и предельных величин деформаций, проводить маркшейдерско-геодезические инструментальные наблюдения за состоянием этих объектов и на основе полученных данных разрабатывать технологические схемы ведения горных работ под этими объектами для их безопасной эксплуатации.

2 РАЗРАБОТКА НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВЕЛИЧИН СДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОДРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

2.1 Проектирование маркшейдерско-геодезических работ для наблюдения за сдвижением земной поверхности при ведении подземных горных работ по добыче угля

Маркшейдерские работы на территории угольных бассейнов должны выполняться с учетом особых условий, возникающих в результате деформаций земной поверхности при эксплуатации месторождений.

Большие площади подрабатываемых территорий, значительные деформации земной поверхности требуют специальных решений при проектировании и выполнении маркшейдерских работ. Недооценка этих факторов приводит в преждевременной утрате геодезических пунктов и значительным экономическим затратам по реконструкции геодезических сетей. Повышение стабильности и долговечности геодезической сети достигается путем размещения большинства геодезических пунктов в безопасных от влияния горных работ зонах, а в зонах сдвижения только в минимально необходимом количестве.

Рациональное размещение пунктов при проектировании маркшейдерских сетей осуществляется на основе районирования земной поверхности по степени влияния горных работ на устойчивость пунктов геодезических сетей.

Для анализа состояния существующей и построения проектируемой маркшейдерской сети в угольном бассейне необходимо провести районирование территории объекта. Районирование заключается в выявлении зон влияния горных работ на маркшейдерские сети. По степени влияния выделяют: зону опасного размещения пунктов, зону возможного размещения пунктов, зону безопасного размещения пунктов.

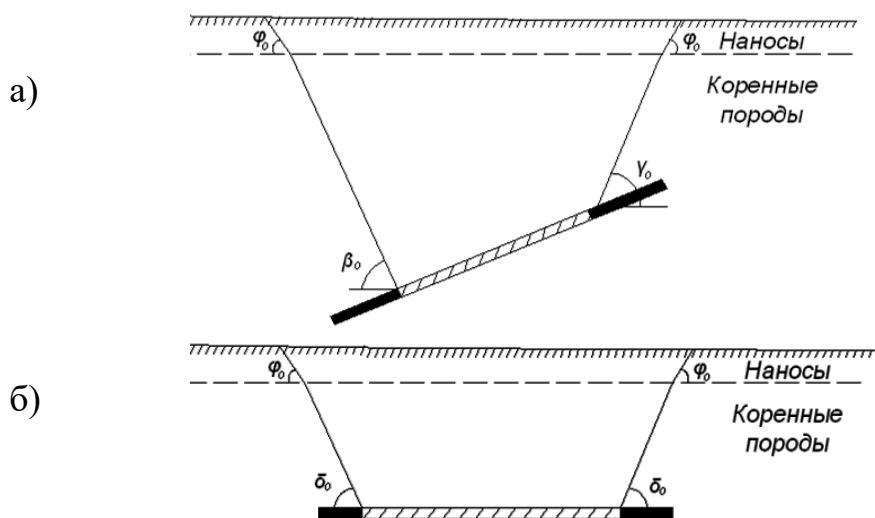
Зона опасного размещения пунктов представляет территорию объекта, где активный процесс сдвижения земной поверхности вызывает значительные изменения планово-высотного положения пунктов, приводящие к утрате их назначения. Эта зона определяется границей мульды сдвижения земной поверхности, построенной по граничным углам относительно выработанного пространства (рисунок 18).

Граничные углы представляют внешние, относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижения горизонтальными линиями, соединяющими границу выработки с границей зоны влияния подземных разработок на земной поверхности [17].

При построении используют следующие граничные углы:

а) в наносах – φ_0 (принимаются одинаковыми во всех направлениях и учитываются при мощности наносов более 5 м);

б) в коренных породах – $\delta_0, \beta_0, \gamma_0, \beta_{01}$ (таблица 7).



а – вкрест простиранию пласта; б – по простиранию пласта

Рисунок 18 – Зоны влияния очистной выработки на вертикальных разрезах

Углами δ_0 – определяются границы зоны сдвижения по простиранию пласта, углами β_0, γ_0 – вкрест простирания пласта соответственно со стороны нижней и верхней границы зоны сдвижения в лежащем боку пласта при углах падения (α), превышающих предельные значения ($\alpha_{п}$).

Таблица 7 – Параметры процесса сдвижения земной поверхности

Угольный бассейн	Граничные углы, градус					$T_{общ.}, \text{мес}$	$T_{оп.}, \text{мес}$
	δ_0	β_0	β_{01}	γ_0	φ_0		
Карагандинский	60	$60-0,4\alpha$	-	60	45	16	17

Зона возможного размещения пунктов представляет территорию объекта, где процесс сдвижения земной поверхности характеризуется сравнительно малыми величинами деформаций или носит затухающий характер. Большинство пунктов, расположенных в этой зоне, не утрачивают своего назначения в течение длительного времени. Зона включает:

- участки шахтных полей, охраняемые долговременными целиками (охранными и барьерными);
- внутришахтные безугольные зоны;
- отработанные участки шахтных полей, где закончился активный процесс сдвижения;
- участки, подрабатываемые горными работами на безопасной глубине.

Зона безопасного размещения пунктов представляет территорию объекта, где процесс сдвижения земной поверхности отсутствует, горные работы не оказывают влияния на геодезические сети [18].

От границ зоны безопасного размещения до проектного контура отвала распространяется зона возможного размещения пунктов. Площадки устоявшихся отвалов, на которых закончено складирование пород, относятся к зонам возможного размещения геодезических пунктов.

Защита геодезической сети от вредного воздействия горных работ заключается в конструктивном построении сети, позволяющем:

- достичь неизменности положения пунктов опорной части сети, располагая их в зонах безопасного размещения;
- обеспечить возможность в дальнейшем оперативно переопределять пункты сети, попадающие в зоны сдвижения, простыми маркшейдерскими построениями при минимальных затратах средств и времени.

Практика разработки полезных ископаемых показала увеличение нагрузки на массивы горных пород, расположенных над разрабатываемыми пластами, что приводит к перераспределению напряженно-деформированного состояния массива и к нежелательным последствиям и необратимым процессам в окружающей среде. Например, в пределах мульды сдвижения (рисунок 19) произошли деформации земной поверхности (рисунок 20), что приводит к нарушению сохранности геодезических пунктов. Систематические инструментальные наблюдения и прогнозирование напряженно-деформированного состояния массива горных работ может уменьшить ущерб, а иногда даже избежать негативных последствий.

Согласно инструкции [19] при изучении сдвижений земной поверхности рекомендуется проектировать наблюдательные станции в виде профильных линий [20], расположенных по простиранию и проведение традиционных линейных и высотных измерений [21].

Однако методика, представленная в инструкции, не учитывает полностью весь процесс сдвижения и результаты полученных данных носят статистический характер.

Поэтому в работе предлагается методика GPS измерений на пунктах локальной геодинимической сети [22], которые позволяют измерять данные в реальном масштабе, времени, то есть получать динамичные данные.

Изучение горизонтальных движений земной коры на больших площадях методом сплошных маркшейдерских построений (триангуляцией, полигонометрией и их сочетаниями) требует больших экономических затрат. Кроме того, в сетях значительной протяженности вследствие накопления погрешности положения пунктов могут значительно превзойти годовые горизонтальные сдвиги земной коры.

В настоящее время для изучения локальных и региональных движений земной коры экономически более выгодными являются изолированные малые маркшейдерские сети. С помощью повторных измерений в таких сетях можно уверенно определять годовые и даже суточные локальные относительные сдвиги земной поверхности [23].

Малые угловые и линейно-угловые сети должны иметь короткие основные стороны (от 0,5 до 3 км), небольшое число пунктов (от 6 до 10).

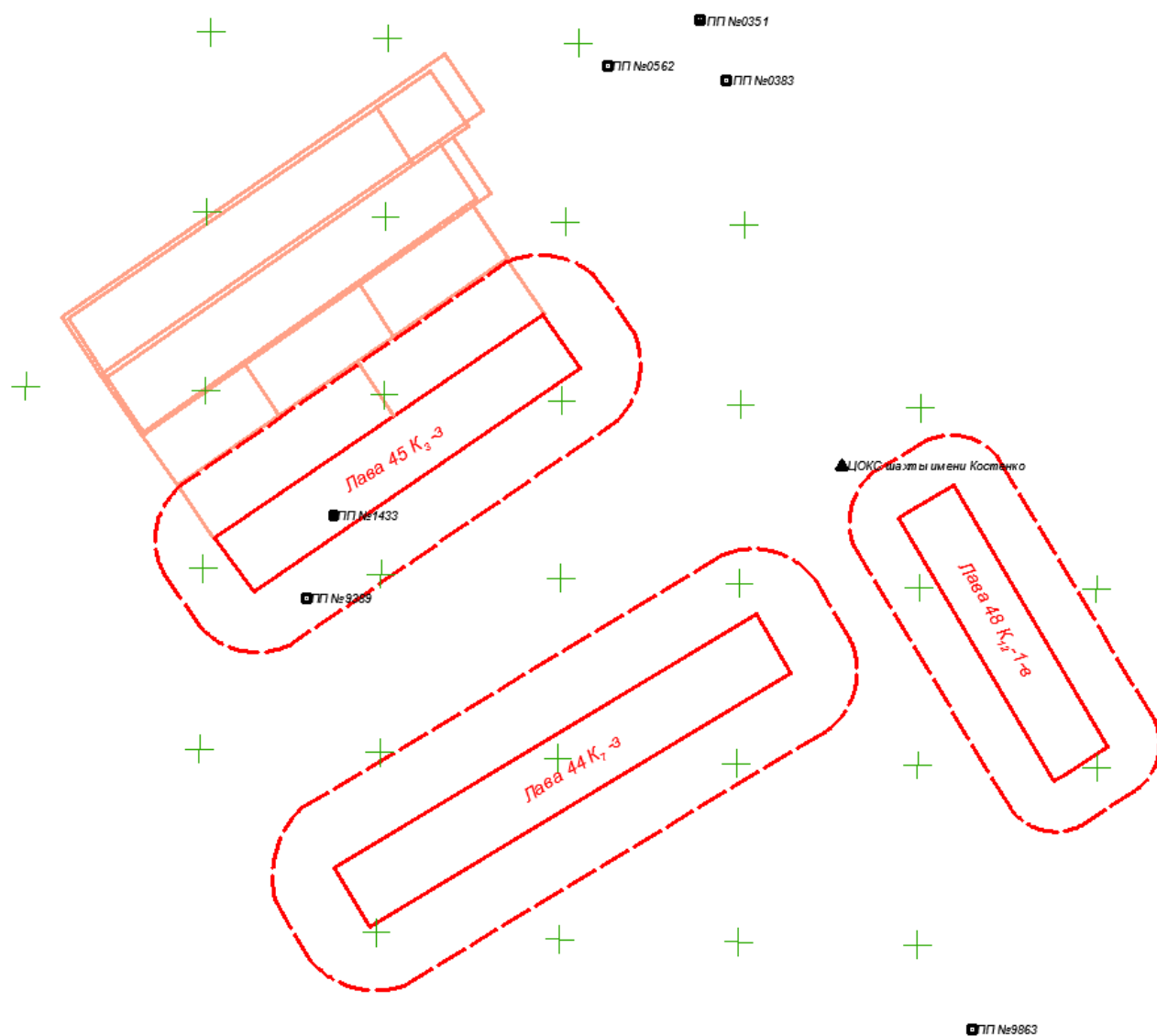


Рисунок 19 – Мульда сдвижения лав



Рисунок 20 – Деформации земной поверхности

В сетях, состоящих из двух-трех центральных, систем или маркшейдерских четырехугольников целесообразно иметь диагональные направления, пересекающие несколько сторон треугольников, соединяющие главным образом крайние пункты, но проходящие высоко над местностью. Диагональные направления часто помотают уменьшить поперечный сдвиг маркшейдерского построения, увеличивают надежность оценки точности плановой сети.

В результате рекогносцировки выявлено, что из существующих пунктов ГГС на территории участка сохранились пункты полигонометрии 4 класса: ПП №0351, ПП №0562, ПП №0383, находящиеся на территории административно-бытового комплекса шахты, ПП №1433, ПП №9389, расположенные на пустыре вдоль дороги (рисунок 21), ПП №9863 – и пункт триангуляции 2 класса, установленный на здании центрально-отнесенного клетового ствола – ЦОКС (рисунок 22).



Рисунок 21 – Пункт полигонометрии №9389



Рисунок 22 – Пункт триангуляции на здании ЦОКС

Однако данное количество пунктов не обеспечивают полную картину процесса, поэтому дополнительно введены следующие пункты Rp1, Rp2, Rp3, Rp4 (рисунок 23), которые расположены по простиранию и вкрест простирания лав. Для получения надежных результатов при исследовании сдвижения земной поверхности был проведен предрасчет точности сети.

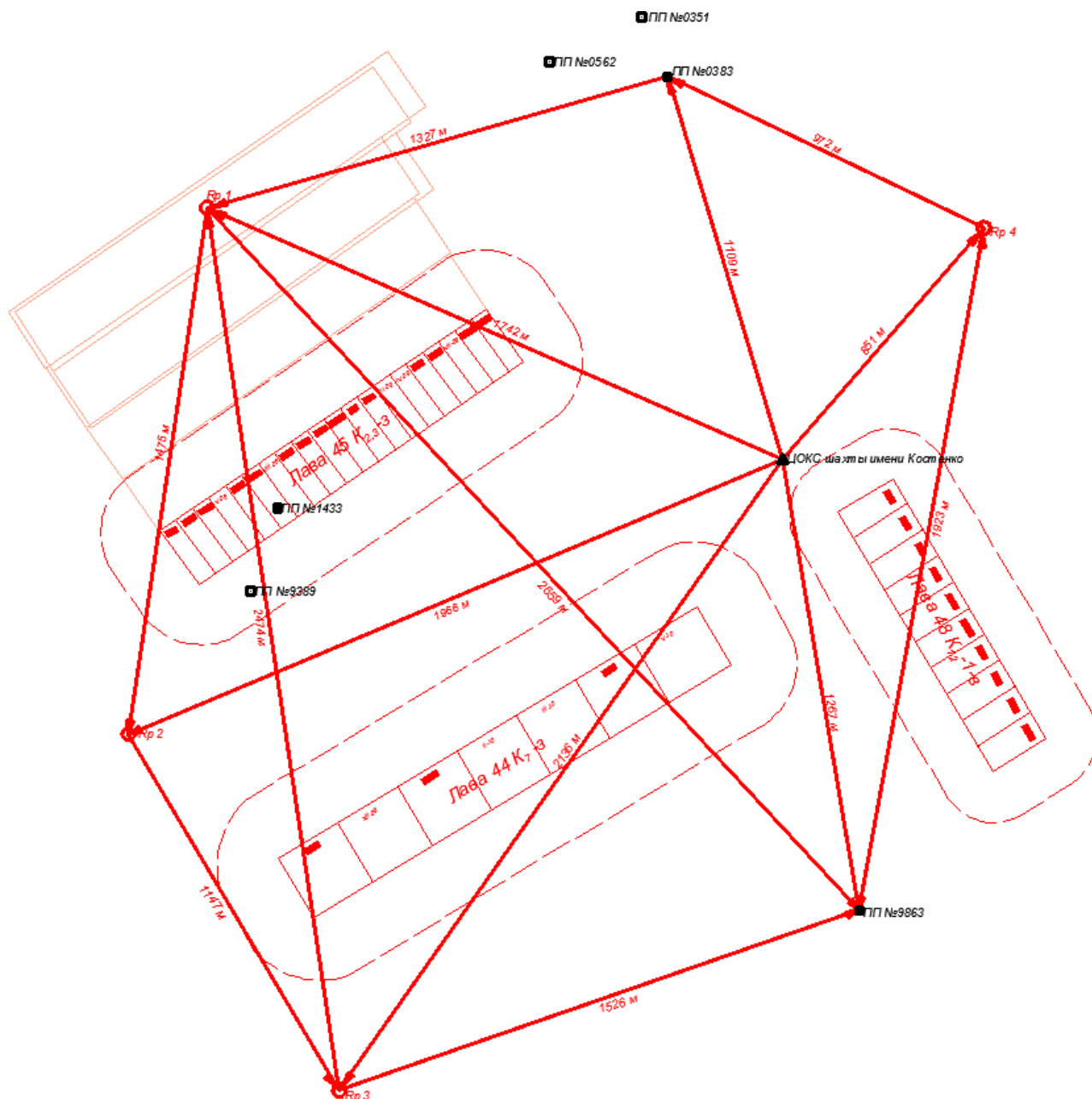


Рисунок 23 – Проект маркшейдерской сети

Число линий в ходе – 11 (таблица 8). Базовые линии сети находятся между пунктами Рр2 и Рр3, ПП №9863 и ПП №0383. На них, кроме наблюдений с помощью GPS приемника, также были проведены дополнительные контрольные измерения длин линий с помощью тахеометра. Самая длинная сторона хода, находящаяся между закладываемым пунктом Рр1 и

существующим пунктом ПП №9863, составляет 2659 м, самая короткая, между ЦОКС и Rp4 – 851 м, средняя длина сторон – 1612,43 м.

Таблица 8 – Длины сторон сети

до пункта от пункта	ПП№0383	ПП№9863	Rp1	Rp2	Rp3	Rp4
ЦОКС	1109	1267	1742	1966	2136	851
ПП№0383			1327			
Rp1		2659		1475		
Rp2					1147	
Rp3		1526	2474			
ПП№9863						1923
Rp4	972					

Перед проведением полевых работ необходимо выполнить предрасчет точности сети:

$$m_{план} = 3 \text{ мм} + 0,5 \text{ мм/км} = 3 + 0,5 \times 3 = 4,5 \text{ мм};$$

$$m_{выс} = 6 \text{ мм} + 0,5 \text{ мм/км} = 6 + 0,5 \times 3 = 7,5 \text{ мм};$$

$$m_a = \sqrt{m_{план}^2 + m_{выс}^2} = 8,74 \text{ мм}.$$

Предельную относительную невязку хода [24] вычисляют по формуле:

$$m_a/a = 8,74/2980000;$$

$$m_a/a = 1/340961;$$

$$1/340961 \leq 1/150000.$$

Полученное значение невязки меньше допустимой для спутниковой городской геодезической сети 1 класса (СГГС-1) [25], следовательно, проектируемая сеть соответствует требованиям инструкции и подлежит утверждению в процессе проведения полевых работ.

Уравнивание проводится параметрическим способом по условиям координат и азимутов на разности двух серий наблюдений (фильтр Кальмана-Бьюси).

Алгоритм фильтра Кальмана позволяет в реальном времени построить оптимальную оценку состояния системы, основываясь на измерениях, неизбежно содержащих погрешности; при этом вектор измерений рассматривается в качестве многомерного выходного сигнала системы, отягощенного шумом, а вектор состояния – неизвестный многомерный сигнал, подлежащий определению. Условием оптимальности построенной оценки состояния является минимум ее средней квадратической ошибки [26].

Указанный критерий признан наиболее общим; доказано, что применение множество других подобных условий (например, среднее арифметическое некоторой непрерывно возрастающей, симметричной функции, такой как абсолютная величина) приводит к тому же решению (функция модуля не

обладает непрерывной производной, что существенно затрудняет ее применение в алгоритмах минимизации). Фильтр Кальмана явился существенным усовершенствованием своего предшественника – алгоритма, позволяющего с помощью метода наименьших квадратов выделять скалярный сигнал из шума с неизменными статистическими характеристиками, предложенного в 40-х годах XX столетия Н. Винером.

Рисунок 24 иллюстрирует работу алгоритма фильтра Кальмана. Начальными условиями на каждом новом цикле алгоритма служат оценка состояния системы и величина, характеризующая ее погрешность. В случае скалярной переменной такой характеристикой является дисперсия, которая тем больше, чем сильнее разброс индивидуальных значений относительно истинного. Распространенная оценка дисперсии – среднеквадратическое отклонение, то есть квадрат стандартного отклонения, – выражает степень разброса величины относительно среднего. Обобщением дисперсии для вектора, то есть совокупности скалярных величин, служит ковариационная матрица. Ее диагональные элементы являются дисперсиями соответствующих составляющих вектора, а недиагональные – ковариациями, характеризующими взаимосвязь между парой составляющих.

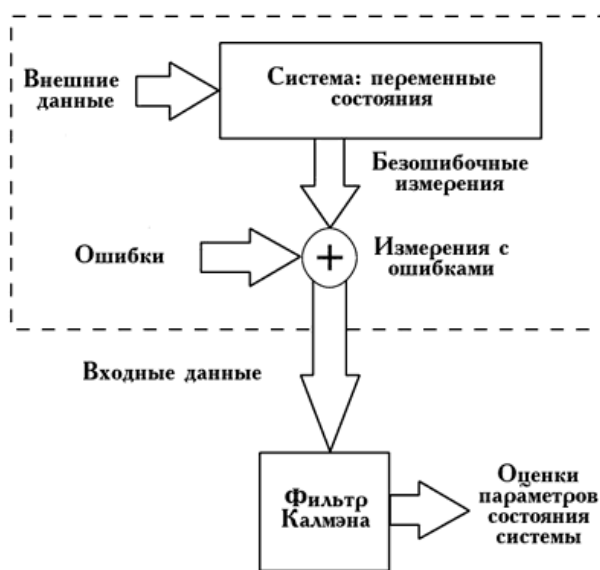


Рисунок 24 – Принцип работы фильтра Кальмана

Совокупность измерений, отнесенных к каждому из моментов времени, обобщает вектор измерений. Алгоритм последовательно обрабатывает вновь поступающие векторы измерений, учитывая при этом значения, вычисленные на предшествующем цикле. Эта особенность отличает алгоритм фильтра Кальмана от алгоритмов, которым для работы требуется хранить весь массив обрабатываемых данных. На следующем шаге с помощью обрабатываемых на данном цикле измерений уточняются начальные условия. Для этого алгоритм вычисляет вес поправок к ним на основе ковариационных матриц оценки состояния и измерений. Чем меньшей погрешностью характеризуются

измерения по сравнению с оценкой состояния системы, тем больший вес они получают. Относительные веса неизвестных, определяющих вектор состояния системы, зависят от степени их влияния на вектор измерений: больший вес получают те переменные, вклад которых в измерения больше.

Если предположить, что астрономические наблюдения и прочие величины – исходные данные для вычисления орбит – не содержат ошибок, то и элементы орбит, выведенные из трех или четырех наблюдений, в свою очередь, будут безошибочны в случае кеплерова движения небесного тела. Следовательно, привлечение других наблюдений к вычислениям приводило бы к одинаковому результату. Но поскольку все измерения и наблюдения выполнены с некоторой долей погрешности, то и вычисленные на их основе величины неизбежно носят приближенный характер. Важнейшей целью подобных расчетов является наилучшее из возможных соответствие искомым неизвестных их истинным значениям. Это достигается посредством обработки заведомо большего числа измерений, чем необходимо для определения неизвестных величин.

В большинстве случаев можно считать, что траектория, выдаваемая инерциальной системой, принимаемая в качестве опорной, достаточно близка к истинной, и, несмотря на то, что система в целом нелинейна, фильтр Кальмана работает в линейной области совместных погрешностей обоих навигационных методов. Степень подробности модели последних, реализуемой в фильтре Кальмана в виде уравнений связи, определяется требованиями к точности получаемых навигационных данных и классом применяемого оборудования [27]. К ошибкам спутниковой аппаратуры относятся: нестабильность частоты генератора приемника и спутникового стандарта частоты, селективный доступ, задержки сигнала, вызванные влиянием тропо- и ионосферы, эффект многопутности и неточности в эфемеридном обеспечении. Погрешности инерциальной системы включают: ошибки начальных условий, уход гироскопов, а также ошибки, вносимые акселерометрами и приближенными значениями ускорения силы тяжести. Если при совместном применении инерциальной и спутниковой навигационных систем, последняя предоставляет положение объекта, то считается, что такая гибридная система построена по схеме со слабой связью составляющих ее частей [28].

Алгоритм фильтра Кальмана из-за своей кажущейся простоты и легкости реализации до сих пор является основным средством обработки измерений в навигационных системах, использующих спутниковый метод определений. Для установления весов поступающих измерительных данных требуются статистические характеристики их ошибок, а также уравнения, предоставляющие связь переменных, определяющих текущее состояние системы, с измерениями и между собой. Таким образом, фильтр Кальмана является инструментом, позволяющим на основе математической модели системы построить оптимальные оценки системных переменных по выполненным измерениям. К достоинствам алгоритма следует отнести его рекуррентную природу, эффективно проявляющуюся при работе в реальном

времени, а также возможность априорной оценки точности получаемых результатов средствами самого алгоритма [29].

Измерение базовых линий сети и детальная съемка поверхности, а также поверхностных объектов производилась тахеометром Leica TPS 407. Тахеометр может работать и в безотражательном режиме, позволяющем проводить измерения недоступных объектов.

2.2 Исследование сдвижений земной поверхности и влияния очистных работ на поверхностные объекты в районе шахты им. Костенко

На территории шахты им. Костенко УД АО «АрселорМиттал Темиртау» с 1940 года проводится добыча каменного угля, которая влечет за собой смещения и деформации земной поверхности. Мощность наносов на данной территории составляет около 70 м. Вмещающие породы сложены песчаниками, аргиллитами и алевролитами [30].

Шахта в период с 2008 по 2010 год отработала лавы 45 К_{2,3-3}, 44 К₇₋₃, 48 К_{12-1-в}. В зону влияния горных работ попали следующие поверхностные объекты: пункты ГГС, участки нескольких автодорог, участок железной дороги, опоры высоковольтных линий электропередач.

Горнотехнические условия [31] планируемой отработки запасов угля [32] приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Горнотехнические условия отработки

Наименование показателей	Лавы 45 К _{2,3-3}	Лавы 44 К ₇₋₃	Лавы 48 К _{12-1-в}
Средняя глубина разработки, м	620	480	310
Вынимаемая мощность пласта, м	5,6	1,9	2,7
Угол падения пласта, град	9°	7°	6°
Длина, м	1100	1350	840
Начало отработки	февраль 2008 г.	ноябрь 2009 г.	март 2008 г.
Конец отработки	октябрь 2009 г.	июнь 2010 г.	январь 2009 г.
Начало отработки	февраль 2008 г.	ноябрь 2009 г.	март 2008 г.
Конец отработки	октябрь 2009 г.	июнь 2010 г.	январь 2009 г.
Скорость подвигания очистного забоя [33]	10 м/мес	19 м/мес	8,35 м/мес
Способ управления кровлей [34]	полное обрушение	полное обрушение	полное обрушение

Для производства GPS измерений на пунктах спутниковой сети использовался GPS приемник Leica GX1220 (рисунок 25). Результаты измерений на пунктах GPS сети с помощью GPS-приемника Leica GX1220 приведены в таблицах 10, 11.

Таблица 10 – Высотные отметки пунктов GPS сети

Пункт наблюдения	октябрь 2008 года	март 2009 года	сентябрь 2009 года	март 2010 года
	Z1	Z2	Z3	Z4
ЦОКС	589,02	589,012	589,012	589,01
ПП№0383	564,05	564,04	564,02	564,00
ПП№9863	582,30	582,19	582,11	582,01
Rp1	547,52	547,35	547,00	546,59
Rp2	559,31	559,00	558,77	558,44
Rp3	560,78	560,75	560,70	560,38
Rp4	559,80	559,78	559,63	559,12

Таблица 11 – Смещения пунктов GPS сети

Пункт наблюдения	март 2009 года			сентябрь 2009 года			март 2010 года			октябрь 2009-март 2010 года		
	X2-X1	Y2-Y1	Z2-Z1	X3-X2	Y3-Y2	Z3-Z2	X4-X3	Y4-Y3	Z4-Z3	X4-X1	Y4-Y1	Z4-Z1
ЦОКС	0,008	-0,007	-0,008	0,004	-0,005	0,000	-0,003	-0,004	-0,010	0,009	-0,016	-0,02
ПП№0383	-0,020	-0,022	-0,01	-0,029	-0,009	-0,020	-0,016	-0,031	-0,020	-0,065	-0,062	-0,05
ПП№9863	0,034	0,029	-0,11	0,027	0,020	-0,080	0,056	0,097	-0,100	0,117	0,146	-0,29
Rp1	-0,050	0,411	-0,17	-0,139	0,064	-0,350	-0,055	-0,040	-0,410	-0,244	0,435	-0,93
Rp2	0,083	0,052	-0,31	0,306	0,340	-0,230	0,544	0,369	-0,330	0,933	0,761	-0,87
Rp3	0,001	0,003	-0,03	0,000	0,001	-0,050	0,488	0,839	-0,320	0,489	0,843	-0,40
Rp4	-0,064	-0,044	-0,02	-0,092	-0,008	-0,150	-0,084	-0,077	-0,510	-0,240	-0,129	-0,68

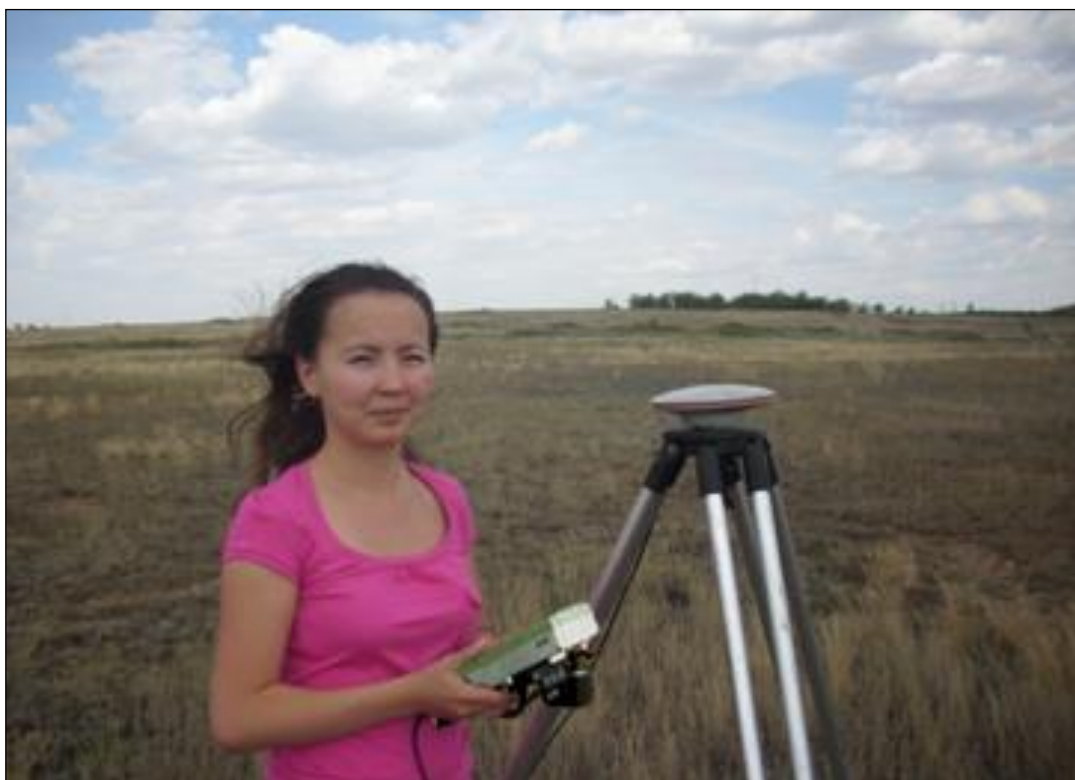


Рисунок 25 – Производство GPS измерений

Оценка точности определения планового и высотного положения наблюдаемых пунктов приведена в таблице 12.

Таблица 12 – Оценка точности

до пункта от пункта	ошибка	ПП№0383	ПП№9863	Rp1	Rp2	Rp3	Rp4
ЦОКС	в плане	3,55	3,63	3,87	3,98	4,07	3,43
	по высоте	6,55	6,63	6,87	6,98	7,07	6,43

Контроль изменения длин базовых линий производился с помощью тахеометра Leica TPS 407. Результаты приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Длины базовых линий

Базовая линия	октябрь 2008 года	март 2009 года	сентябрь 2009 года	март 2010 года
ЦОКС – Rp2	1966,11	1965,90	1965,44	1964,79
ЦОКС – Rp4	851,02	850,92	850,83	850,72

По результатам измерений на пунктах созданной локальной геодинимической сети определены векторы смещений пунктов геодинимической сети (рисунок 26), а также установлено следующее:

1. Точность получения плановых координат составила около 4 мм, точность получения высотных координат – около 7 мм.

2. Величина максимального смещения на пункте GPS, расположенном на здании ЦОС, составили порядка 8 мм, что позволяет использовать его в качестве базовой станции.

3. На пунктах GPS сети Rp2 и Rp3 получены значения, свидетельствующие о наличии существенных смещений земной поверхности (около 1 м) относительно исходного пункта сети.

4. На пункте ПП№0383 оседания незначительны (максимальное значение 6,2 см). Это обусловлено тем, что пункт расположен на предохранительном целике [35] под здания административно-бытового комплекса шахты [36].

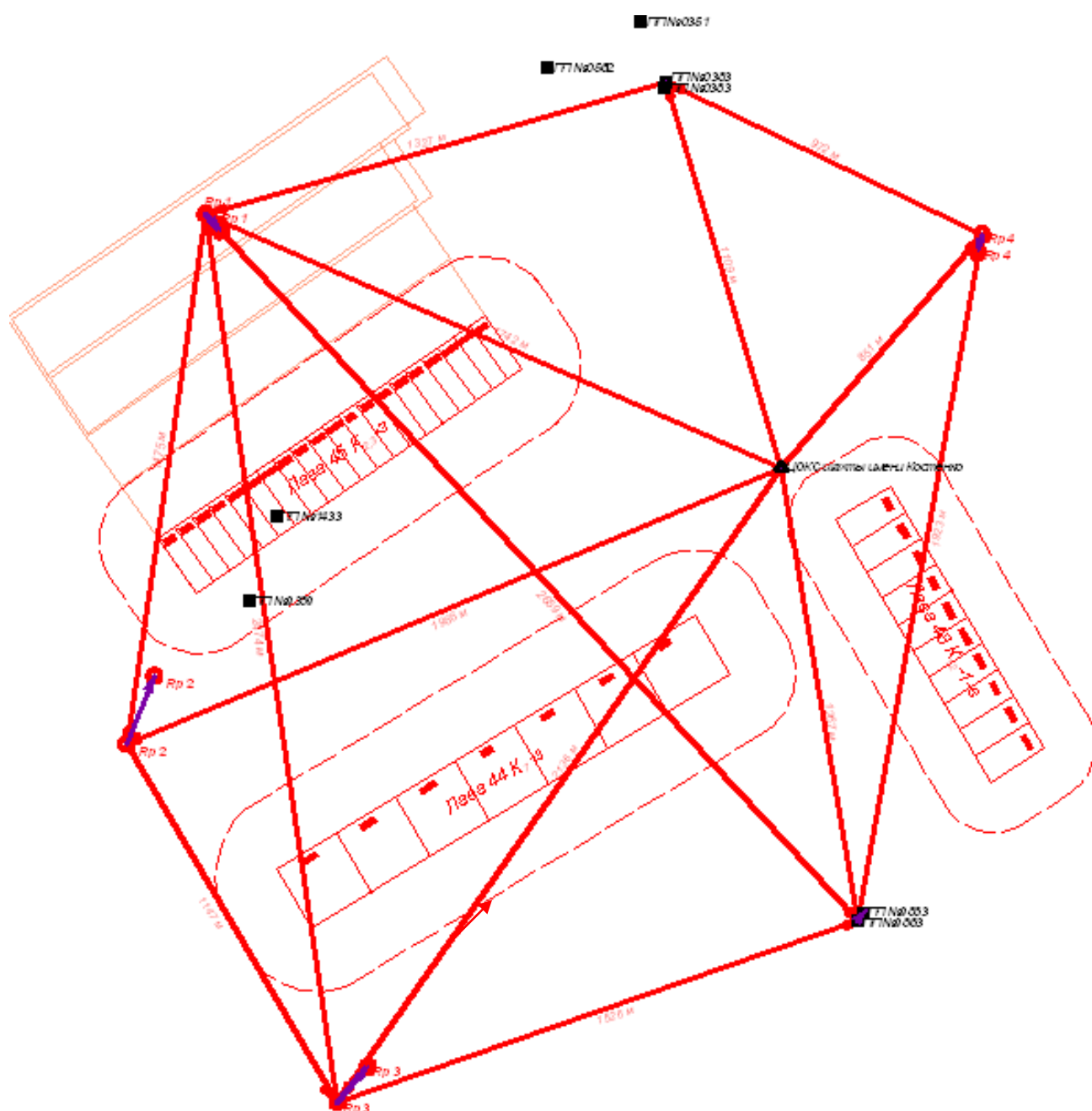


Рисунок 26 – Векторы смещений пунктов

Чтобы изучить топографическую поверхность мульды [37] была выполнена детальная GPS съемка точек поверхности (рисунок 27).

Точки расположены в характерных точках земной поверхности [38].



Рисунок 27 – Расположение наблюдаемых точек

Результаты детальной съемки поверхности представлены в таблице 14.

Измерения производились в два этапа: в октябре 2009 года и в марте 2010 года быстрым статическим методом, при котором наблюдения подвижной станцией на точке выполняют одним приемом.

Таблица 14 – Результаты детальной съемки земной поверхности

№точки	H1,м	ΔH ,см	H2,м
1	561,7	0	561,70
2	564,2	0	564,20
3	553,5	0	553,50
4	583,3	0	583,30
5	564,1	0	564,10
6	564,3	0	564,30
7	564,7	0	564,70
8	570,0	9	569,99
9	567,0	0	567,00
10	571,6	3	571,60
11	564,6	31	564,57
12	567,1	13	567,09
13	553,4	0	553,40
14	562,3	0	562,30
15	557,4	0	557,40
16	564,5	44	564,46
17	564,5	44	564,46
18	563,8	75	563,73
19	556,9	0	556,90
20	559,2	58	559,14
21	551,3	0	551,30
22	556,6	0	556,60
23	577,5	8	577,49
24	555,0	0	555,00
25	554,4	0	554,40
26	556,8	56	556,74
27	552,2	0	552,20
28	560,9	78	560,82
29	577,5	5	577,50
30	568,0	37	567,96
31	569,6	21	569,58
32	580,0	2	580,00
33	564,1	49	564,05
34	582,5	0	582,50
35	584,1	0	584,10
36	570,1	6	570,09
37	579,3	6	579,29
38	585,5	0	585,50
39	584,4	0	584,40
40	551,6	35	551,57
41	562,3	63	562,24
42	575,2	1	575,20
43	575,9	2	575,90
44	583,4	12	583,39
45	569,8	9	569,79

Продолжение таблицы 14

46	550,5	59	550,44
47	561,5	48	561,45
48	555,1	68	555,03
49	549,8	38	549,76
50	571,4	4	571,40
51	575,4	3	575,40
52	572,5	3	572,50
53	586,9	90	586,81
54	586,7	23	586,68
55	580,3	21	580,28
56	549,8	0	549,80
57	549,8	10	549,79
58	548,5	14	548,49
59	553,1	57	553,04
60	555,4	68	555,33
61	569,2	8	569,19
62	564,5	16	564,48
63	577,4	1	577,40
64	589,9	29	589,87
65	587,2	99	587,10
66	580,8	74	580,73
67	549,1	1	549,10
68	557,6	27	557,57
69	576,7	2	576,70
70	573,6	19	573,58
71	553,1	12	553,09
72	560,9	13	560,89
73	567,7	15	567,69
74	569,9	2	569,90
75	578,4	16	578,38
76	573,7	23	573,68
77	551,5	2	551,50
78	571,6	4	571,60
79	574,7	18	574,68
80	585,8	101	585,70
81	554,7	12	554,69
82	550,4	0	550,40
83	570,9	5	570,89
84	583,9	30	583,87
85	554,5	6	554,49
86	557,6	1	557,60
87	571,2	37	571,16
88	572,2	51	572,15
89	587,6	10	587,59
90	571,1	53	571,05
91	559,8	2	559,80
92	583,0	0	583,00

Окончание таблицы 14

93	554,3	0	554,30
94	557,8	2	557,80
95	562,5	18	562,48
96	565,5	44	565,46
97	567,5	56	567,44
98	586,7	62	586,64
99	591,3	21	591,28
100	586,7	17	586,68
101	586,8	10	586,79
102	586,3	13	586,29
103	585,5	22	585,48
104	583,7	24	583,68
105	556,4	6	556,39
106	557,9	0	557,90
107	563,6	55	563,54
108	583,8	13	583,79
109	585,7	17	585,68
110	568,7	0	568,70
111	585,1	13	585,09
112	583,3	7	583,29
113	583,2	6	583,19
114	556,6	50	556,55
115	581,3	21	581,28
116	556,2	49	556,15
117	564,4	60	564,34
118	568,2	43	568,16
119	563,2	58	563,14
120	574,3	22	574,28
121	584,4	0	584,40
122	554,6	5	554,59
123	552,1	11	552,09
124	585,6	0	585,60
125	585,9	0	585,90
126	583,4	7	583,39
127	582,5	1	582,50
128	560,3	58	560,24
129	558,5	55	558,44
130	559,9	4	559,90
131	557,1	9	557,09
132	553,3	20	553,28
133	552,9	58	552,84
134	550,9	50	550,85
135	567,1	21	567,08
136	569,6	15	569,58
137	555,1	42	555,06
138	563,7	17	563,68
139	552,8	17	552,78
140	560,5	12	560,49
141	550,8	8	550,79

На территории шахты им. Костенко УД АО «АрселорМиттал Темиртау» с марта по декабрь 2008 года производилась отработка лавы 48 К₁₂-1-в.

В зону влияния горных работ попал участок железнодорожного пути к ТОО «PCY по ремонту дорог» (рисунок 28).

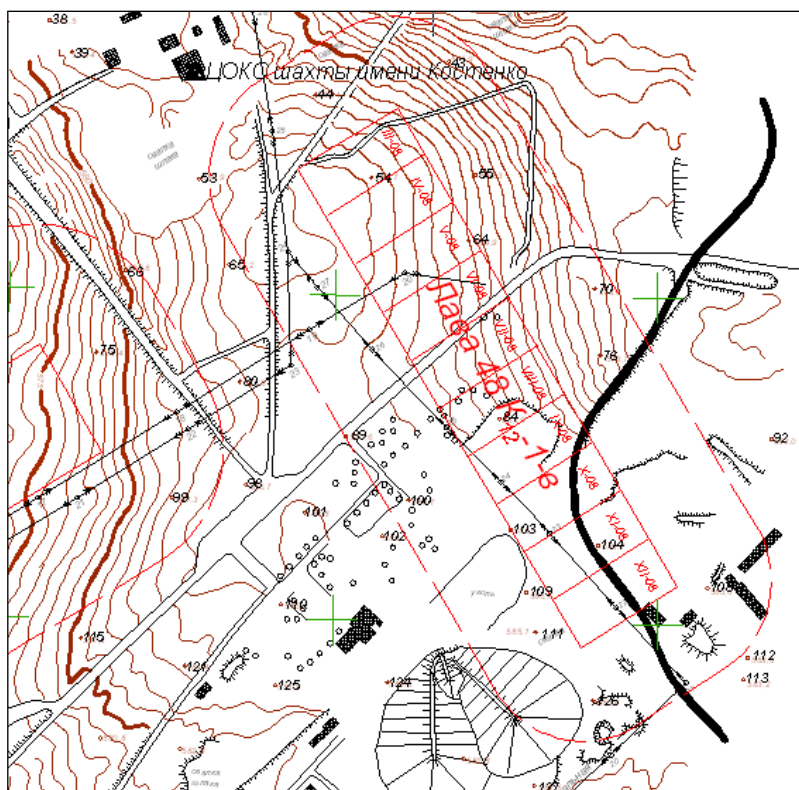


Рисунок 28 – Выкопировка с плана поверхности

Выемка пластов угля под транспортными сооружениями может производиться при глубине разработки более или равной безопасной глубине, рассчитанной по формуле:

$$H_6 = K_6 m,$$

где K_6 – коэффициент безопасности;

m – вынимаемая мощность пласта [11].

При этом коэффициенты безопасности для Карагандинского угольного бассейна принимаются по таблице 15.

Для рассматриваемой железной дороги безопасная глубина ведения горных работ, рассчитанная по формуле, равна:

$$H_6 = 100 \times 2,7 = 270 \text{ м},$$

что выше глубины фактического ведения горных работ.

Горные работы по отработке лавы ведутся на глубине около 310 м, следовательно они ведутся на безопасной глубине.

Таблица 15 – Коэффициент безопасности для транспортных сооружений

№ п/п	Категория охраны	Объект	К _б
1	I	Участки железных дорог общего пользования со скоростями движения поездов более 100 км/ч и участки с бесстыковым путем; мосты, путепроводы, виадуки всех конструкций с пролетами более 20 м на железных дорогах общего пользования	400
2	II	Мосты, путепроводы, виадуки всех конструкций общей длиной более 20 м, за исключением указанных в п.1	250
3	II	Линии железных дорог общего пользования, кроме указанных в п.1; железнодорожное депо МПС, мосты, путепроводы и виадуки длиной менее 20 м	150
4	III	Линии железных дорог МПС с малоинтенсивным движением (грузооборот не превышает 3 млн. т/км/год и в течение суток проходит по линии не более трех пар пассажирских поездов) и подъездные пути МПС, за исключением подъездных путей от шахт и других угольных предприятий	100
5	IV	Подъездные пути от шахт и других угольных предприятий, в том числе и находящиеся в ведении МПС	20
6		Мосты, путепроводы, виадуки на транспортных путях, за исключением мостов, путепроводов и виадуков на железных дорогах общего пользования:	
	I	неразрезной конструкции с пролетами более 20 м	300
	II	разрезной конструкции с пролетами более 20 м	200
	II	неразрезной конструкции с пролетами менее 20 м	150
	III	разрезной конструкции с пролетами менее 20 м	100
7	IV	Автомобильные магистрали	20
8	IV	Трамвайные линии	20

Подработка линий железных дорог должна сопровождаться систематическими инструментальными наблюдениями за сдвижением железнодорожных путей и земной поверхности на подрабатываемом участке с начала подработки до окончания процесса сдвижения. К полотну дороги относятся откосы насыпей и выемок, по которым проходит железная дорога и другие путевые сооружения. При решении вопроса о подработке железнодорожного полотна, проходящего по глубокой выемке, высокой насыпи или по косогорным участкам следует учитывать геологическое строение участка, наличие противодеформационных и водоотводящих сооружений.

Во время и после отработки лавы был проведен цикл инструментальных наблюдений. Для нахождения отметок пикетов (рисунок 29) использовался тахеометр Leica TPS 407.

По полученным отметкам были определены оседания и уклоны пикетов железнодорожного полотна (таблица 16).

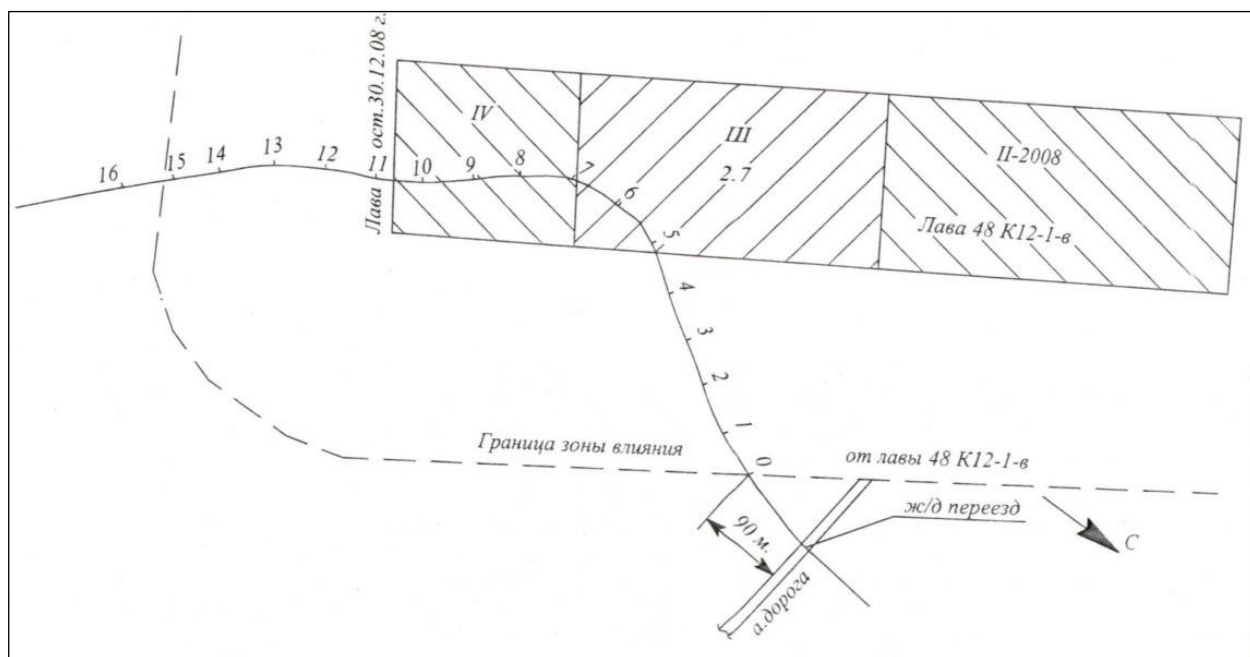


Рисунок 29 – Схема расположения пикетов участка железной дороги

По результатам выполненных наблюдений построены профиль участка железной дороги (рисунок 30), график оседаний (рисунок 31) и график уклонов участка железной дороги (рисунок 32).

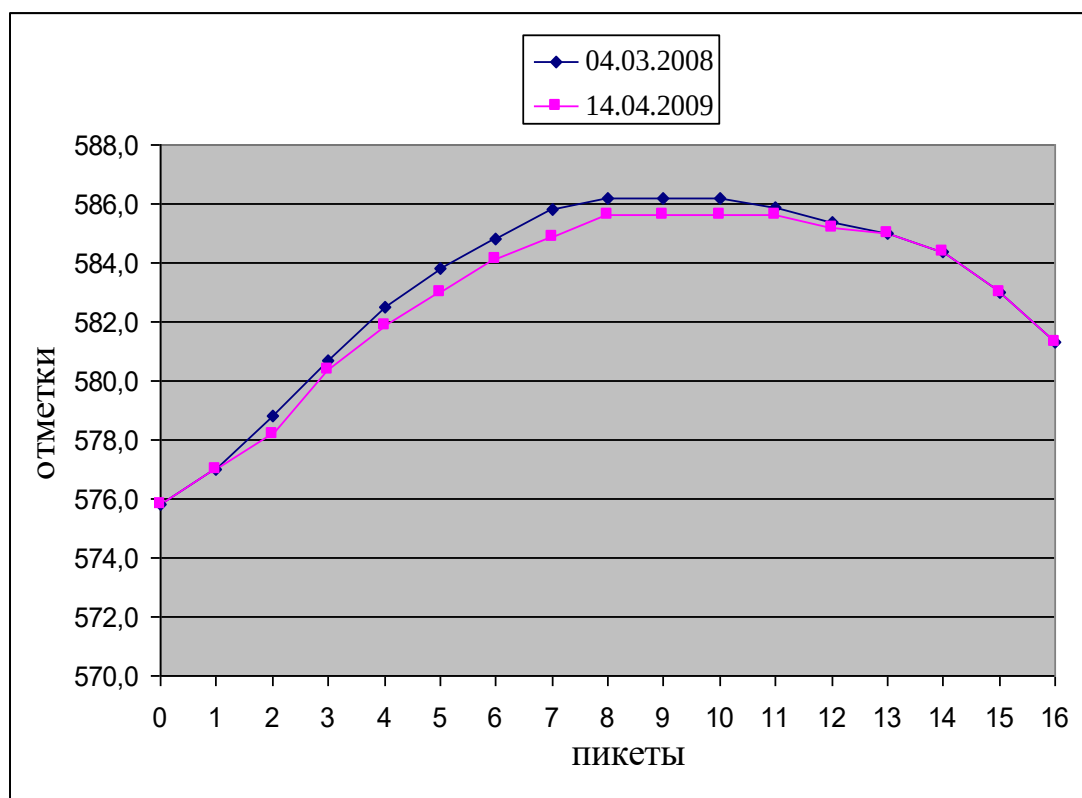


Рисунок 30 – Профиль участка железной дороги

Таблица 16 – Результаты наблюдений

Дата измерений	Точки																
	ПК0	ПК 1	ПК 2	ПК 3	ПК 4	ПК 5	ПК 6	ПК 7	ПК 8	ПК 9	ПК 10	ПК 11	ПК 12	ПК 13	ПК 14	ПК 15	ПК16
	Отметки, м																
04.03.2008	575,8	577,0	578,8	580,7	582,5	583,8	584,8	585,8	586,2	586,2	586,2	585,9	585,4	585,0	584,4	583,0	581,3
22.10.2008	575,8	577,0	578,2	580,7	582,5	583,8	584,8	585,8	586,2	586,2	586,2	585,9	585,4	585,0	584,4	583,0	581,3
24.11.2008	575,8	577,0	578,2	580,6	582,4	583,7	584,8	585,8	586,2	586,2	586,2	585,9	585,4	585,0	584,4	583,0	581,3
10.12.2008	575,8	577,0	578,2	580,5	582,1	583,3	584,3	585,3	585,7	585,8	585,9	585,8	585,4	585,0	584,4	583,0	581,3
14.01.2009	575,8	577,0	578,2	580,4	581,9	583,0	584,1	584,9	585,6	585,7	585,8	585,8	585,4	585,0	584,4	583,0	581,3
16.02.2009	575,8	577,0	578,2	580,4	581,9	583,0	584,1	584,9	585,6	585,6	585,7	585,8	585,4	585,0	584,4	583,0	581,3
14.04.2009	575,8	577,0	578,2	580,4	581,9	583,0	584,1	584,9	585,6	585,6	585,6	585,6	585,2	585,0	584,4	583,0	581,3
	Оседания, м																
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.03.2008	0	0	0,6	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.10.2008	0	0	0,6	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,1	0	0	0	0	0
24.11.2008	0	0	0,6	0,3	0,6	0,8	0,7	0,9	0,6	0,5	0,4	0,1	0	0	0	0	0
10.12.2008	0	0	0,6	0,3	0,6	0,8	0,7	0,9	0,6	0,6	0,5	0,1	0	0	0	0	0
14.01.2009	0	0	0,6	0,3	0,6	0,8	0,7	0,9	0,6	0,6	0,5	0,1	0	0	0	0	0
16.02.2009	0	0	0,6	0,3	0,6	0,8	0,7	0,9	0,6	0,6	0,5	0,1	0	0	0	0	0
14.04.2009	0	0	0,6	0,3	0,6	0,8	0,7	0,9	0,6	0,6	0,6	0,3	0,2	0	0	0	0
	Уклоны																
	0,024	0,036	0,038	0,036	0,026	0,020	0,020	0,008	0,000	0,000	0,006	0,010	0,008	0,012	0,028	0,034	
	0,024	0,024	0,050	0,036	0,026	0,020	0,020	0,008	0,000	0,000	0,006	0,010	0,008	0,012	0,028	0,034	
04.03.2008	0,024	0,024	0,048	0,036	0,026	0,022	0,020	0,008	0,000	0,000	0,006	0,010	0,008	0,012	0,028	0,034	
22.10.2008	0,024	0,024	0,046	0,032	0,024	0,020	0,020	0,008	0,002	0,002	0,002	0,008	0,008	0,012	0,028	0,034	
24.11.2008	0,024	0,024	0,044	0,030	0,022	0,022	0,016	0,014	0,002	0,002	0,000	0,008	0,008	0,012	0,028	0,034	
10.12.2008	0,024	0,024	0,044	0,030	0,022	0,022	0,016	0,014	0,000	0,002	0,002	0,008	0,008	0,012	0,028	0,034	
14.01.2009	0,024	0,024	0,044	0,030	0,022	0,022	0,016	0,014	0,000	0,002	0,002	0,008	0,008	0,012	0,028	0,034	
16.02.2009	0,024	0,024	0,044	0,030	0,022	0,022	0,016	0,014	0,000	0,002	0,002	0,008	0,008	0,012	0,028	0,034	
14.04.2009	0,024	0,024	0,044	0,030	0,022	0,022	0,016	0,014	0,000	0,000	0,000	0,008	0,004	0,012	0,028	0,034	

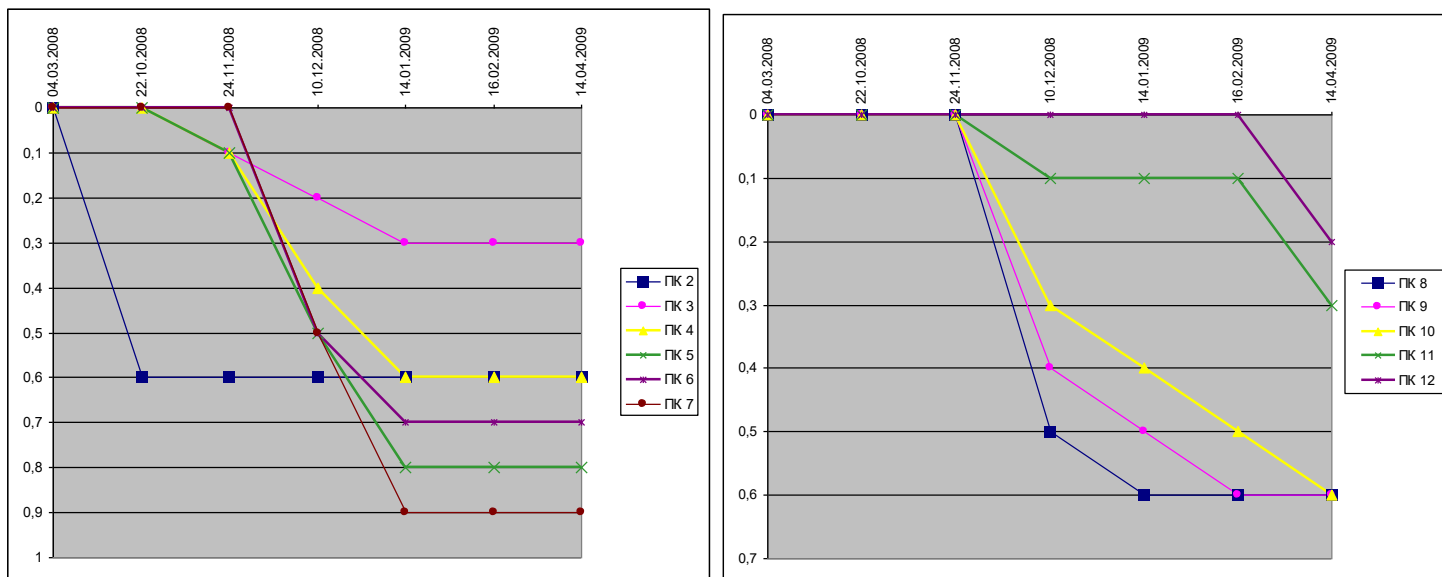


Рисунок 31 – График оседаний участка железной дороги

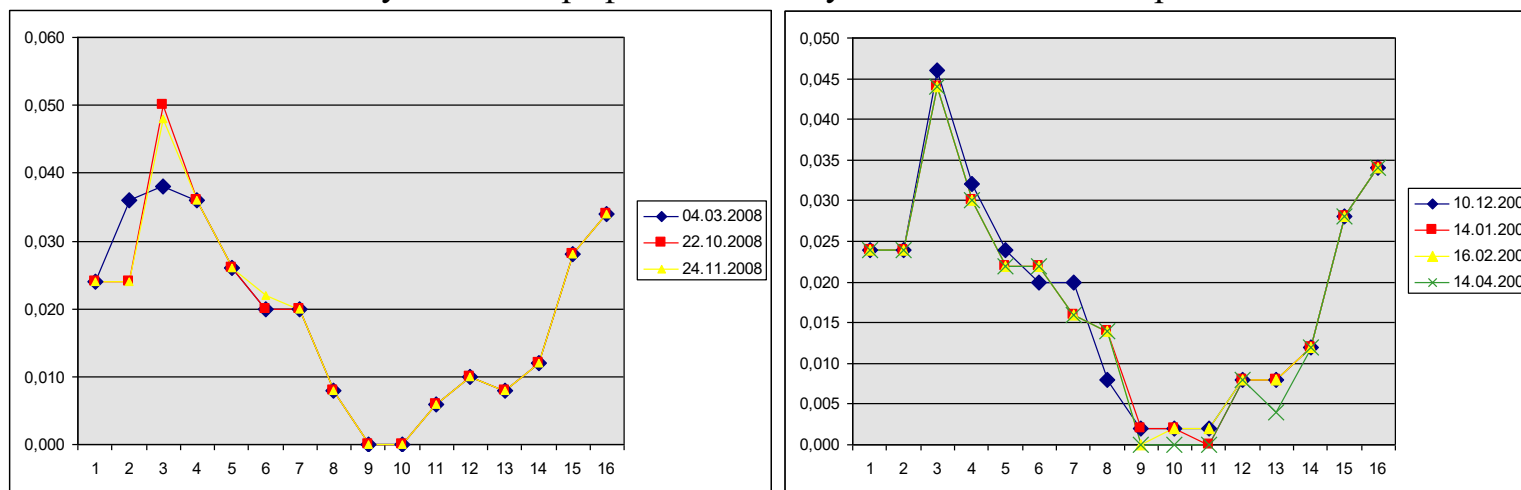


Рисунок 32 – График уклонов участка железной дороги

Лавами 45 К_{2,3-3}, 44 К₇₋₃, 48 К_{12-1-в} также были подработаны несколько опор высоковольтных линий электропередач (таблица 17).

Таблица 17 – Подработанные участки ЛЭП

Название высоковольтной линии	№опор
ВЛ - 110 кВ «Караганда - Новый Город»	№34-49
ВЛ - 110 кВ «Новый Город – Сантехническая»	№12-20
ВЛ - 35 кВ «Новый Город – Костенко»	№13-26
ВЛ - 35 кВ «Новый Город – Вертикальная»	№18-27

Выемка пластов под опорами линий электропередач (рисунок 33) может производиться на глубине не менее безопасной, рассчитанной по формуле. Коэффициенты безопасности К_б приведены в таблице 18.



Рисунок 33 – Опоры линий электропередач

Таблица 18 – Коэффициент безопасности К_б для опор ЛЭП

Опоры ЛЭП	Напряжение ЛЭП, кВ	К _б
Анкерные	220-400	100
Промежуточные	220-400	75
Анкерные	6-110	75
Промежуточные	6-110	20

Для рассматриваемых опор ЛЭП безопасная глубина ведения горных работ, равна:

$$H_6 = 20 \times 5,6 = 112 \text{ м,}$$

что выше глубины фактического ведения горных работ.

Горные работы по отработке лавы ведутся на глубине минимум 310 м, следовательно, они ведутся на безопасной глубине.

Для измерения отклонений от вертикали ЛЭП использовался электронный тахеометр Leica TPS 407. Измерения производились в безотражательном режиме в июне 2009 года.

Наклоны опор ЛЭП, попадающих в зону влияния горных работ, представлены в таблице 19:

Таблица 19 – Результаты съемки наклонов опор ЛЭП

Назва- ние ЛЭП	№ опоры	крен	Назва- ние ЛЭП	№ опоры	крен	Назва- ние ЛЭП	№ опоры	крен	Назва- ние ЛЭП	№ опоры	крен
ВЛ - 110 кВ «Караганда - Новый Город»	34	0,011	ВЛ - 110 кВ «Новый Город - Сантехническая»	12	0,001	ВЛ - 35 кВ «Новый Город - Костенко»	13	0,005	ВЛ - 35 кВ «Новый Город - Вертикальная»	18	0,002
	35	0,001		13	0,002		14	0,015		19	0,005
	36	0,027		14	0,033		15	0,016		20	0,007
	37	0,023		15	0,029		16	0,011		21	0,010
	38	0,003		16	0,009		17	0,010		22	0,020
	39	0,003		17	0,008		18	0,014		23	0,032
	40	0,031		18	0,005		19	0,023		24	0,026
	41	0,020		19	0,005		20	0,017		25	0,025
	42	0,007		20	0,005		21	0,026		26	0,015
	43	0,008					22	0,033		27	0,001
	44	0,004					23	0,003			
	45	0,003					24	0,005			
	46	0,003					25	0,011			
	47	0,003					26	0,015			
	48	0,003									
	49	0,002									

Расстояния по вертикали от проводов ЛЭП, пересекающих автодороги, до поверхности земли представлены в таблице 20:

Таблица 20 – Результаты съемки проводов ЛЭП

название ЛЭП	№№ опор	Расстояние до земли, м
ВЛ - 110 кВ Караганда - Новый Город	№34-№35	6,1
ВЛ - 35 кВ Новый Город - Костенко	№16-№17	7,1

Проведенные наблюдения за состоянием участка железнодорожного пути к ТОО «РСУ по ремонту дорог» показали следующее:

1. В результате ведения горных работ земная поверхность оседает. Максимальное оседание – 0,9 м наблюдается на пикете №7.

2. Через четыре месяца после остановки лавы (14 апреля 2009 года) оседания земной поверхности носят затухающий характер.

3. Уклоны в пределах рассматриваемого участка железной дороги характеризуются значительными величинами (0,05 м).

Из полученных данных следует, величины уклонов в пределах рассматриваемого участка железной дороги, определяемые отношением разности высот двух точек к расстоянию между ними, не находятся в пределах величин уклонов (не более 0,0025, регламентируемых Правилами технической эксплуатации железных дорог Республики Казахстан), что впоследствии может

обусловить невозможность нормальных условий эксплуатации дороги (изменений колеи, расхождений стыков).

В связи с этим рекомендуется:

1. Согласовать проект подработки с управлением железной дороги.
2. Проводить безостановочную выемку угля под полотном железной дороги.
3. В течение всего периода подработки проводить систематические инструментальные наблюдения за сдвижением железнодорожных путей на подрабатываемом участке с начала подработки до окончания процесса сдвижения.
4. Предусмотреть при необходимости возможность проведения оперативного ремонта деформированных участков дороги.

Данные наблюдений передавать в эксплуатирующую организацию в целях своевременного принятия мер по обеспечению безопасных условий эксплуатации пути.

Значения кренов опор ЛЭП должны не превышать 8×10^{-3} . Расстояние по вертикали от проводов ЛЭП до поверхности земли в населенной и ненаселенной местности до земли и проезжей части улиц должно быть не менее 5 м [39].

Для опор линий электропередач ВЛ - 110 кВ «Караганда – Новый Город» №36, 37, 40, 41, 43; ВЛ - 110 кВ «Новый Город – Сантехническая» №14, 15, 16, 17; ВЛ - 35 кВ «Новый Город – Костенко» №14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25; ВЛ - 35 кВ «Новый Город – Вертикальная» №21, 22, 23, 24, 25, 26, данное условие не выполняется.

В целях безопасной эксплуатации линий связи и ЛЭП рекомендуется:

- маркшейдерской службе шахты совместно с эксплуатирующей организацией осуществлять систематические наблюдения за подрабатываемыми опорами;
- при необходимости осуществлять перепуск проводов и выравнивание гирлянд изоляторов.

Продолжительность сдвижения зависит от многих причин, в первую очередь от глубины разработки, скорости подвигания забоя, условий залегания горных пород и их физико-механических свойств. Для различных условий продолжительность процесса сдвижения пород изменяется от нескольких месяцев до многих лет. Знание времени сдвижения пород необходимо при решении вопросов о застройке подработанных участков. В связи с этим определяют продолжительность сдвижения как период, в течение которого земная поверхность над выработанным пространством испытывает ощутимые движения. За окончание процесса сдвижения принимают тот момент, начиная с которого величина оседания земной поверхности за 6 мес. не превысит 30 мм [40].

2.3 Трехмерное моделирование процесса сдвижения земной поверхности по результатам маркшейдерско-геодезических измерений

Математическое 3D моделирование процесса сдвижения земной поверхности производилось в программе Surpac. Для этого были использованы данные детальной маркшейдерской съемки поверхности с помощью GPS приемника.

Surpac – это программная система для оценки рудных тел, проектирования карьеров и подземных рудников, горного планирования и горного производства, используемая геологами, инженерами и маркшейдерами в ежедневной работе. Программное обеспечение Surpac является наиболее широко используемой в мире программной системой такого типа, поддерживающей подземные горные работы, открытый метод отработки и разнообразные геологоразведочные проекты в более чем 90 странах мира. Все решаемые задачи могут быть автоматизированы и сориентированы на соответствующие специфические процессы и характер потока информационных данных, используемых компанией.

Surpac состоит из модулей и легко персонализируется. Surpac уменьшает количество дублируемых данных за счет подсоединения к родственным базам данных и установления связи с распространенными файловыми форматами из систем GIS, CAD.

На первом этапе были введены данные по координатам, инклинометрии и литологии 208 геологоразведочных скважин по шахте им. Костенко в пределах горного отвода шахты, была создана и закартирована в программу база данных (рисунок 34).

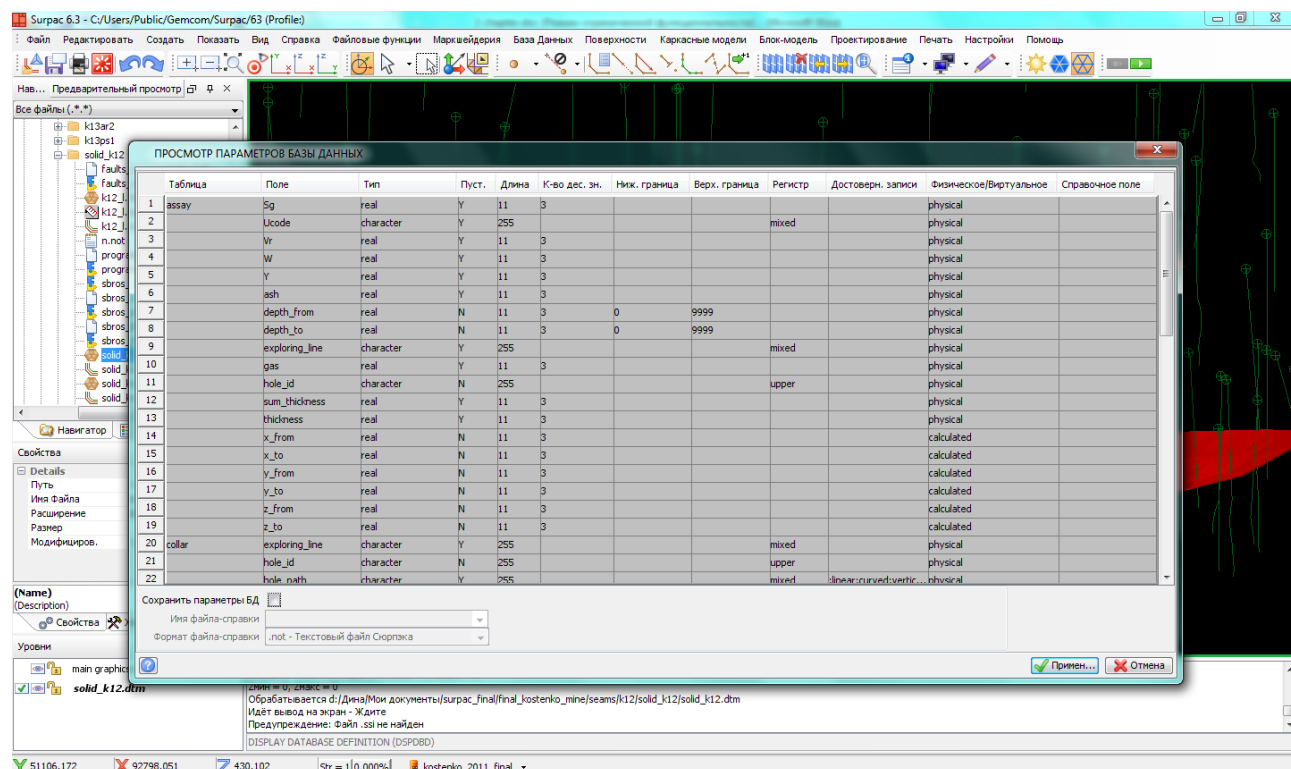


Рисунок 34 – База данных

Далее была проведена визуализация скважин для устранения ошибок в базе данных (рисунок 35).

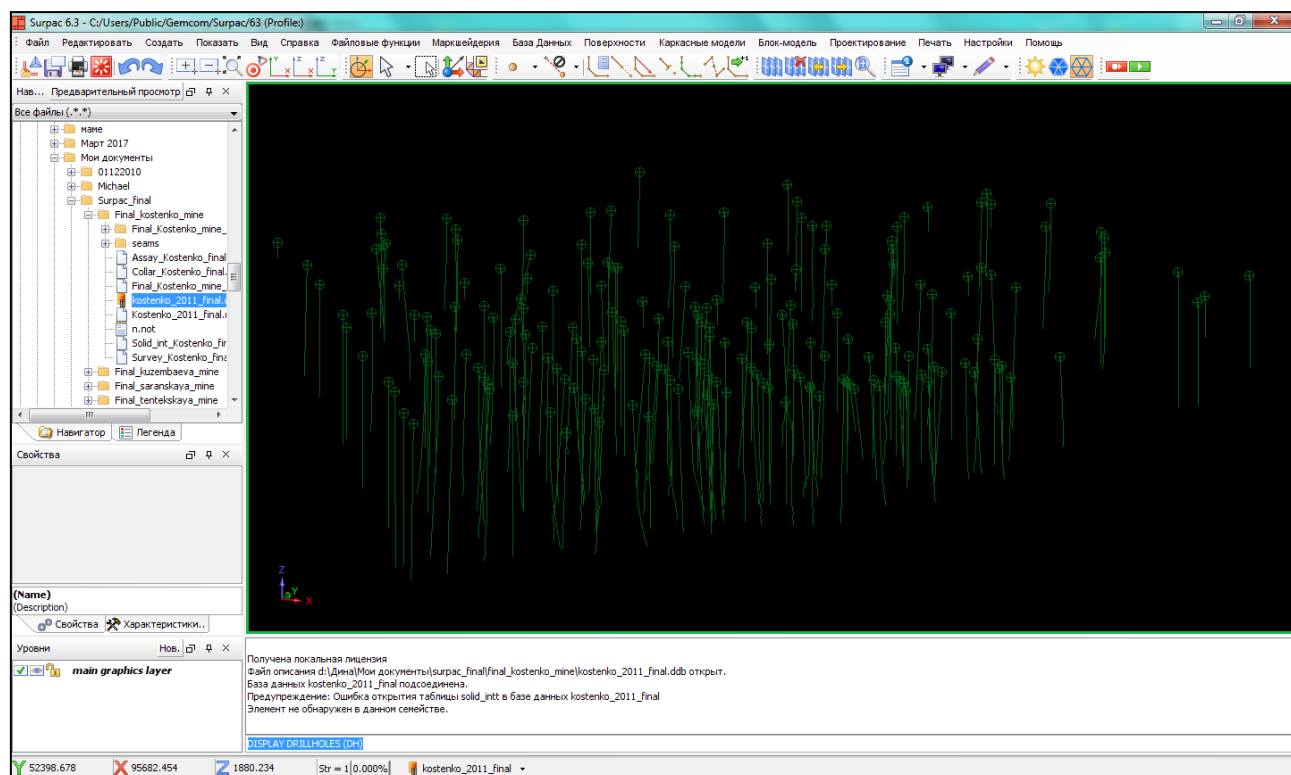


Рисунок 35 – Визуализация скважин

Для извлечения литологических данных по скважинам (рисунок 36) также был использован имеющийся в Surpac модуль извлечения геологических границ.

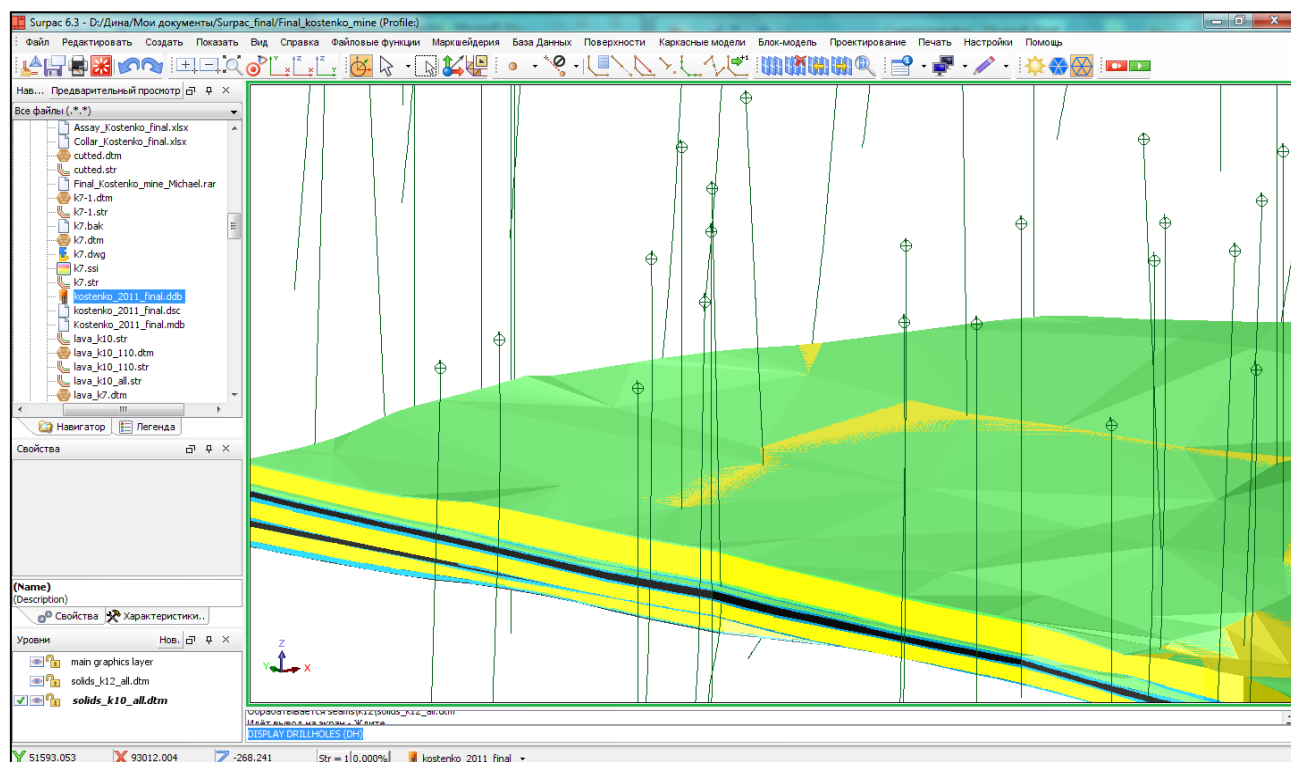


Рисунок 36 – Разрез по имеющимся в базе данных литологическим границам

По объемной модели возможно определить физические характеристики поверхности на основе построения разрезов, которые получаются простым проведением нужной линии, что является ключевым потенциалом программы Surpac, использующей мощную трехмерную графику, разнообразные геостатистические методы и интегрированную среду моделирования.

Объемная модель положения земной поверхности, отрабатываемых лав на октябрь 2009 года и на март 2010 года представлена на рисунке 37:

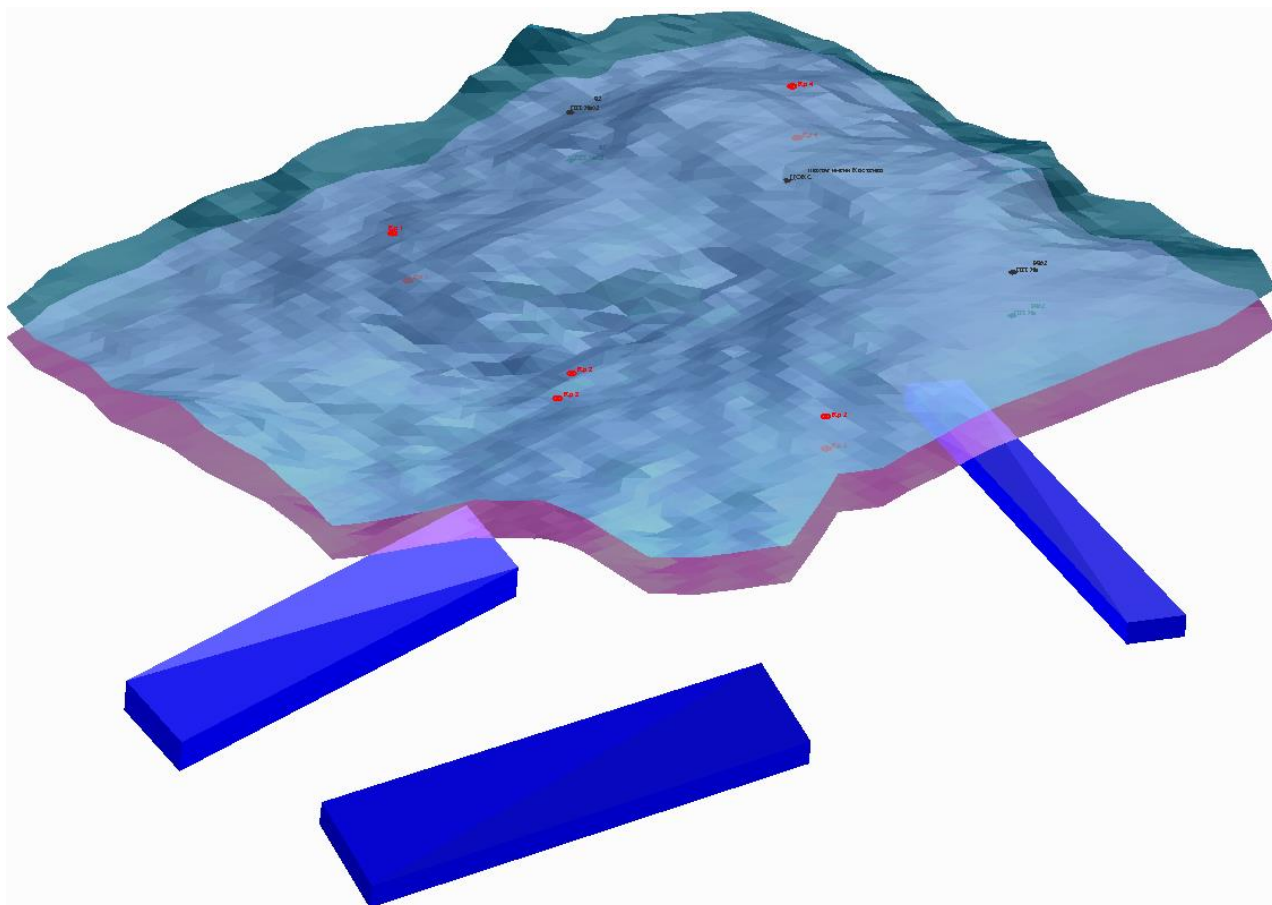


Рисунок 37 – Объемная модель лав и земной поверхности до и после отработки

2.4 Исследование процессов сдвижения и определение их параметров в условиях отрабатанных выемочных участков шахты им. Костенко

Для определения скорости сдвижения земной поверхности над лавой 45 K_{2-3} были проведены дополнительные измерения отметок точек с помощью тахеометра Leica TPS 407. Оработка лавы 45 K_{2-3} была начата в феврале 2008 года. Ранее в этом районе в 1987-1989, 1993-1994, 1998-2006 годах были отработаны лавы по пластам K_1 , K_2 , K_3 (рисунок 38) [41].

В Карагандинском угольном бассейне процесс сдвижения земной поверхности начинается при отходе забоя лавы от разрезной печи на $0,3 \times H$ при первичной и $0,2 \times H$ – при повторных подработках.

Следовательно, для лавы 45 K_{2-3} процесс сдвижения начался через:

$$0,2 \times H = 0,2 \times 620 = 120 \text{ м,}$$

где H – средняя глубина разработки

Данное значение отхода забоя лавы от разрезной печи получено через два месяца после запуска лавы, то есть в апреле 2008 года.

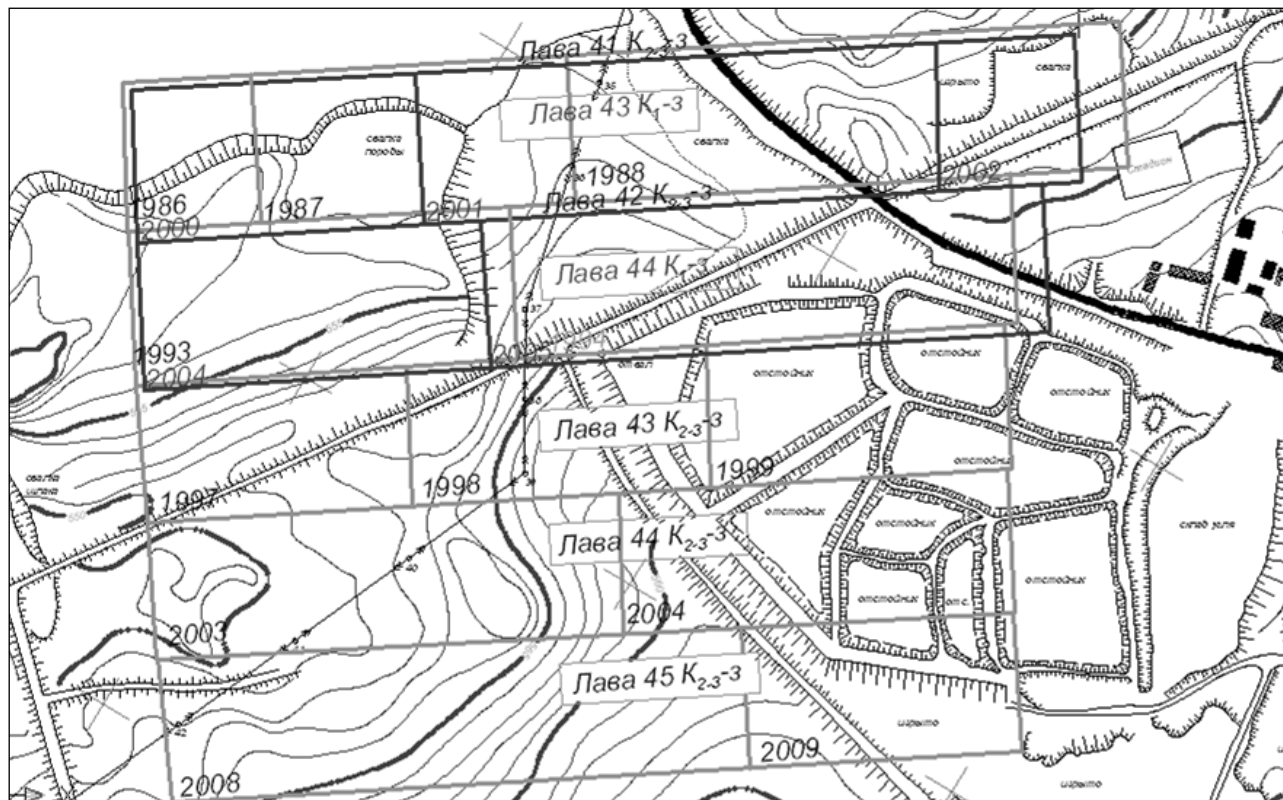


Рисунок 38 – Оработка лав по пластам K_1 , K_2 , K_3

Максимальная скорость оседания в период опасных деформаций для Карагандинского бассейна определяется по формуле:

$$v_{теор} = 12 \frac{m \cdot c \cdot \cos \alpha}{H} \left(1 + 0,3 \frac{H_1}{H} \right),$$

где m – вынимаемая мощность пласта, мм;

H – глубина разработки, м;

α – угол падения пласта, рад;

c – скорость очистного забоя, м/сут;

H_1 – мощность ранее подработанной толщи, м.

Максимальная скорость оседания для рассматриваемой лавы 45 K_{2-3-3} составит:

$$v_{теор} = 12 \frac{8200 \cdot 2 \cdot \cos 6^\circ}{600} \left(1 + 0,3 \frac{5}{8} \right) = 387 \text{ мм/мес.}$$

Результаты серии маркшейдерских измерений (таблица 21) показали, что сдвигение земной поверхности во времени протекает неравномерно.

Таблица 21 – Результаты маркшейдерских измерений

№ точ ки	Высотная отметка, м								
	на октябрь 2008 года	на март 2009 года		на июль 2009 года		на август 2009 года		на октябрь 2009 года	
			оседания, мм		оседания, мм		оседания, мм		оседания, мм
1	552,8	552,73	70	552,58	150	552,28	300	552,23	50
2	554,9	554,825	75	554,655	170	554,275	380	554,225	50
3	560,3	560,22	80	560,01	210	559,56	450	559,52	40
4	553,4	553,35	50	553,13	220	552,71	420	552,65	60
5	554,4	554,36	40	554,26	100	553,98	280	553,96	20
6	565,8	565,75	50	565,66	90	565,43	230	565,4	30
7	562,1	562,07	30	561,88	190	561,51	370	561,47	40

Максимальная скорость оседания составила 450 мм/мес, что на 63 мм больше теоретического значения (387 мм/мес). Из полученных данных можно сделать вывод о том, что характер процесса сдвижения [42] заметно изменяется в условиях разработки свиты пластов по сравнению с проявлениями сдвижения при отработке изолированной лавы.

Для установления параметров сдвижения рассмотрим поведение подрабатываемой точки сети Rp1 на земной поверхности в зависимости от подвигания очистного забоя.

Если изобразить на графике вертикальные перемещения точки в зависимости от положения забоя или (принимая продвижение забоя равномерным) от времени, то получим график, изображенный на рисунке 39.

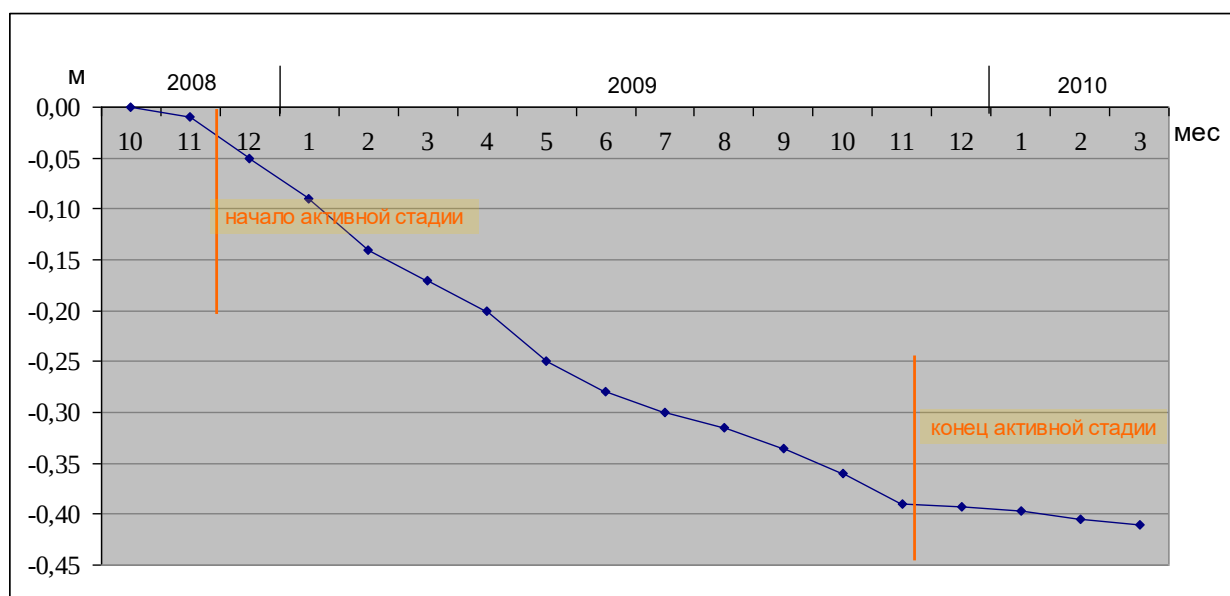


Рисунок 39 – График вертикальных перемещений точки GPS сети Rp1 в зависимости от времени

Активизация процесса сдвижения вызвала увеличение максимальной скорости сдвижения при повторной подработке по пластам K_1 , K_2 , K_3 .

Активизация явилась следствием зависания пород при первичной подработке и устранения зависаний при повторных подработках [43].

Характер кривой зависимости оседания от времени позволяет условно выделить три стадии движения точки: начальная стадия характеризуется незначительным постепенным оседанием подрабатываемой точки; при дальнейшем подвигании забоя скорость оседания точки возрастает. Это активная стадия процесса сдвижения; последний период связан с постепенным уменьшением скорости оседания поверхности. Это стадия затухания.

Скорости вертикальных перемещений точки GPS сети Rp1 составляют:

$$V_{\text{нач. акт. ст.}} = 0,025/2 = 0,0125 \text{ м/мес} = 0,4 \text{ мм/сут};$$

$$V_{\text{акт. ст.}} = 0,35/10,5 = 0,033 \text{ м/мес} = 1,1 \text{ мм/сут};$$

$$V_{\text{кон. акт. ст.}} = 0,035/5,5 = 0,006 \text{ м/мес} = 0,2 \text{ мм/сут}.$$

Исходя из этого, для каждой стадии процесса сдвижения можно определить функциональную зависимость оседания точек H (м) от времени с начала отработки лавы t (мес):

$$H_{\text{нач. акт. ст.}} = 0,0125 \times t_{\text{нач. акт. ст.}};$$

$$H_{\text{акт. ст.}} = H_{\text{нач. акт. ст.}} + 0,033 \times t_{\text{акт. ст.}};$$

$$H_{\text{кон. акт. ст.}} = H_{\text{акт. ст.}} + 0,006 \times t.$$

Общая продолжительность процесса сдвижения составила 1 год 4 месяца. Период опасных деформаций (декабрь 2008 – ноябрь 2009) пришелся на конец отработки лавы 48 К₁₂-1-в и началу отработки лав 45 К_{2,3}-з и 44 К₇-з [44].

Выводы по главе 2

Разработанная методика производства высокоточных геодезических измерений с помощью GPS позволила провести исследование процесса сдвижения земной поверхности после отработки лав на шахте им. Костенко. Установлено, что предложенный метод спутниковых измерений при исследовании сдвижений земной поверхности позволит существенно сократить время наблюдений.

Выполненная детальная съемка подрабатываемой территории дала возможность получить численные значения относительных вертикальных перемещений точек, которые позволили сделать вывод о том, что при повторной подработке граница мульды сдвижения расширяется в сторону районов с ранее отработанными пластами.

По результатам геологического моделирования в программе Surpac получена объемная трехмерная модель горных пород и земной поверхности до подработки. Используя данные инструментальной маркшейдерско-геодезической съемки в характерных точках земной поверхности построена объемная модель положения земной поверхности после подработки.

На основе натурных маркшейдерско-геодезических наблюдений выявлены закономерность и параметры процесса сдвижения, получена зависимость сдвижений земной поверхности от времени. Результаты наблюдений поверхностных объектов (опор высоковольтных линий электропередач и участка железной дороги) в целом подтверждают весь процесс сдвижения.

Основным инструментом по наблюдению за техногенными процессами явилась сеть специально запроектированных реперов на месторождении. При систематическом мониторинге, когда изначально реализуются мероприятия по созданию геодинамического полигона, достигается наибольшая степень прогнозирования рисков эксплуатации месторождения.

3 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИН СДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТРАБОТКЕ ЛАВ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБОТАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

3.1 Программа для определения способов охраны поверхностных объектов от вредного влияния подземных горных работ

В Карагандинском угольном бассейне с 1997 утверждены и действуют в настоящее время Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок.

Для расчета ожидаемых величин сдвижений земной поверхности для условий каждой из действующих шахт существует компьютерная программа «Деформации» (рисунок 40).

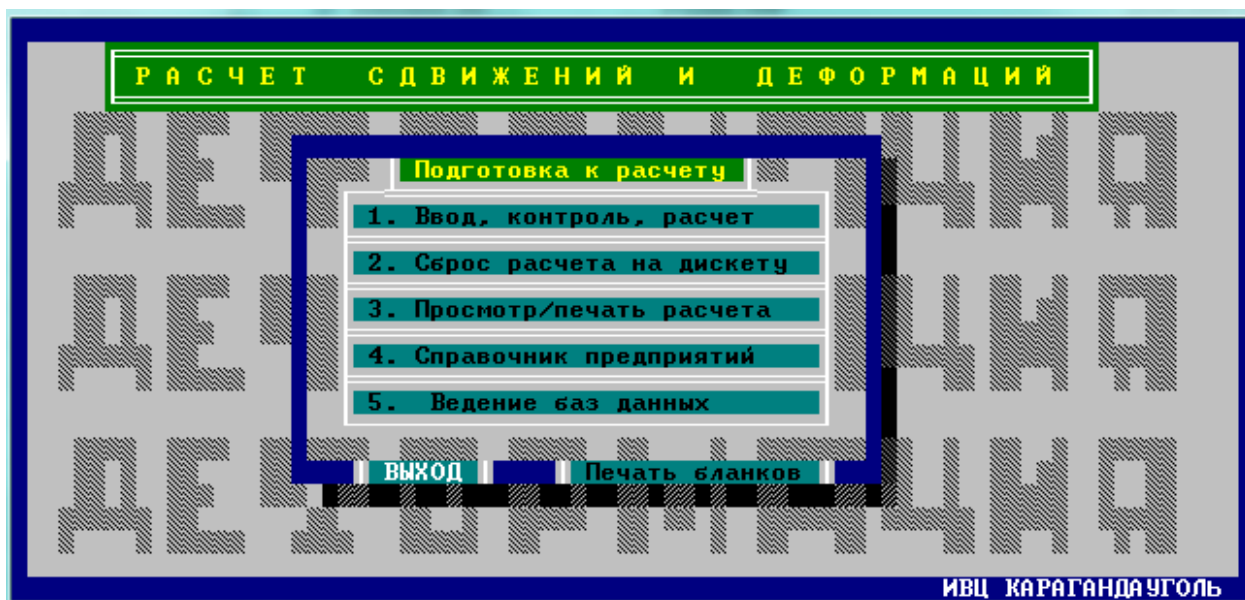


Рисунок 40 – Интерфейс существующей программы «Деформации»

Однако, выбор способа охраны поверхностных объектов, расчет допустимых и предельных деформаций для каждого из рассматриваемых объектов производится вручную, исходя из формул, приведенных в Правилах [11].

Для автоматического расчета предельных величин деформаций поверхностных объектов и определения способа их охраны разработана компьютерная программа выбора технологических схем и их параметров при отработке угольных пластов Карагандинского угольного бассейна на языке программирования Python [45].

Алгоритм работы программы изображен на рисунке 41.

Программа предусматривает последовательное рассмотрение типа поверхностного объекта (рисунок 42), ввод расчетных величин ожидаемых сдвижений земной поверхности, расчет предельных деформаций для выбранного типа сооружения.

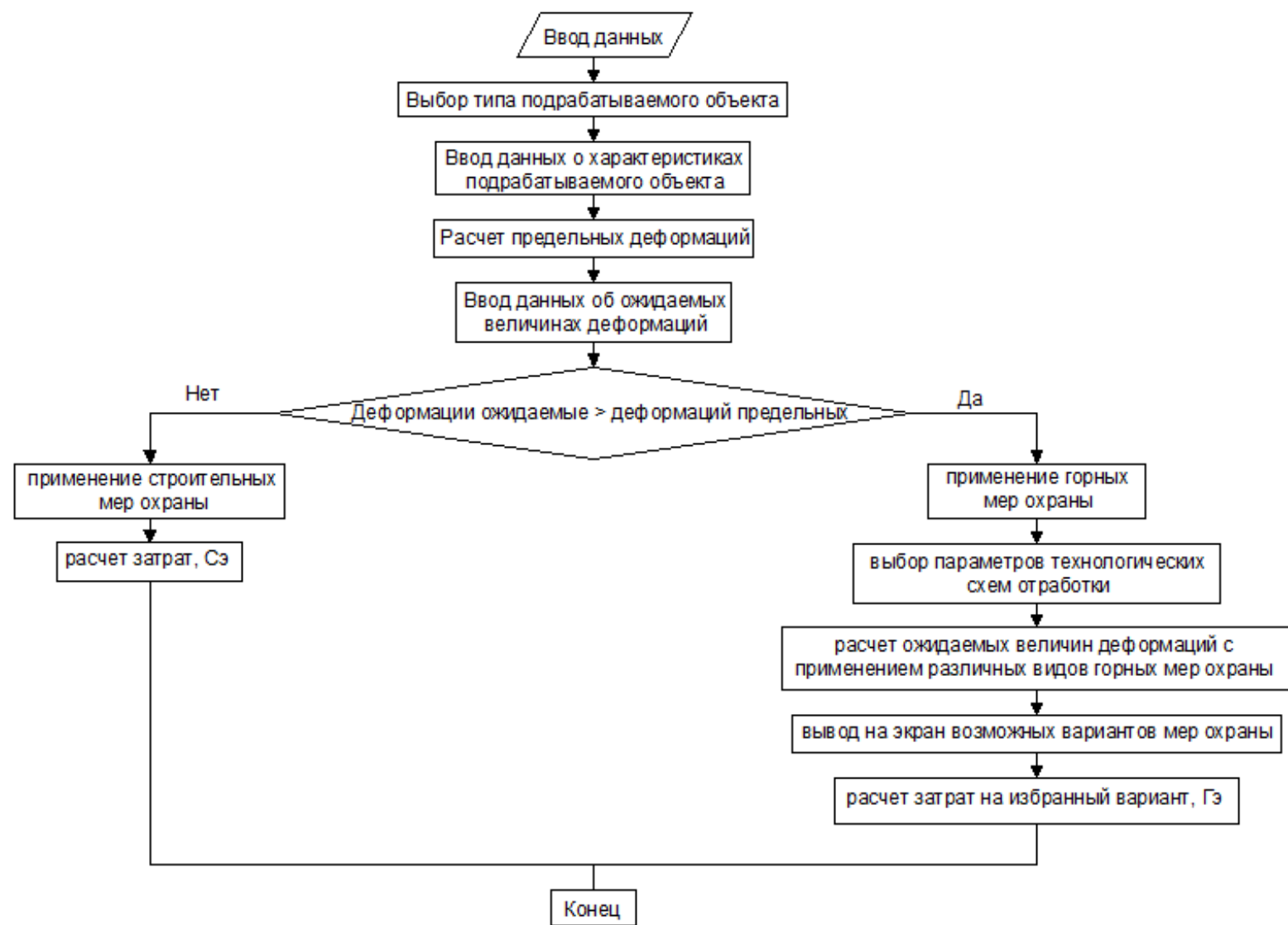


Рисунок 41– Алгоритм работы программы

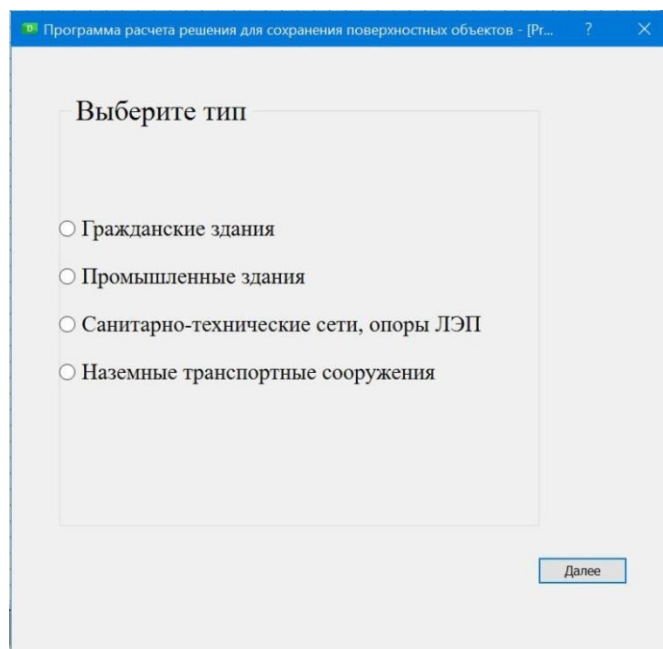


Рисунок 42 – Окно программы для выбора типа поверхностного объекта

В конечном итоге программа выдает решение для вводимых данных при данных условиях. При невозможности применения строительных мер охраны объекта, программа выдает окно с применением возможного способа горнотехнологических решений проблемы (рисунок 43).

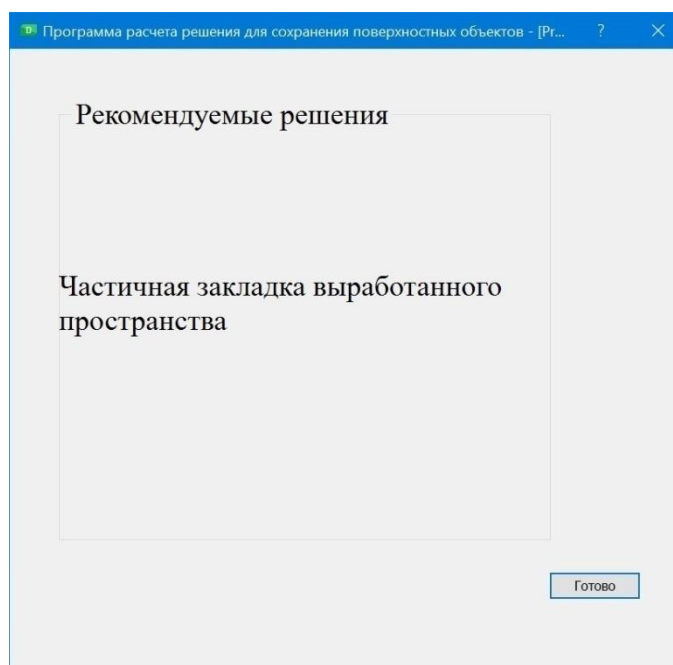


Рисунок 43 – Окно для вывода рекомендуемых параметров отработки

При выборе ведения горных работ с использованием горнотехнологических способов охраны поверхностных объектов необходимо произвести моделирование полученных решений.

3.2 Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород в зонах подработки

На сегодняшний день численные методы позволяют без особых усилий получать решения при сколь угодно сложных граничных условиях, диапазон реализуемых в программах механических свойств грунтов непрерывно расширяется.

Метод конечных элементов предоставляет возможность учитывать в расчетах разнообразные и сложные свойства грунтов, этим самым МКЭ стимулировал развитие методов испытаний грунтов и горных пород и новых теорий их прочности и деформируемости [46].

Задачей компьютерного моделирования геомеханических процессов и явлений является получение качественных и количественных оценок изучаемого явления компьютерными методами. Благодаря использованию высокопроизводительных вычислений в оценке воздействия на массив горных пород достигаются значительные результаты. Благодаря геомеханическому моделированию можно получить данные о распространении механических свойств в плоскости и пространстве.

3.2.1 Принципы моделирования напряженно-деформированного массива горных пород в Phase 2 при отработке пластов с полным обрушением кровли выработанного пространства

Phase2 – это двумерная программа из конечных элементов для расчета напряжений и смещения вокруг подземных выработок [47], и могут быть использованы для решения широкого спектра проблем горного дела и гражданского строительства, в том числе:

- плоское деформированное состояние или осевая симметрия;
- эластичные или пластичные материалы;
- поэтапные работы (до 50 этапов);
- множество материалов;
- поддержка (болты / набрызг-бетон);
- постоянное или гравитационное напряжение;
- трещиноватость пород;
- подземные воды (включая поровое давление для анализа).

Phase2 состоит из трех программных модулей: Model (M), Compute (C), Interpret (I). Они взаимодействуют друг с другом, как показано на схеме ниже (рисунок 44) [48]:

Model – модуль предварительной обработки, используемый для ввода и редактирования границ модели, опоры, точечных напряжений, граничных условий, свойств материалов и создания сетки конечных элементов.

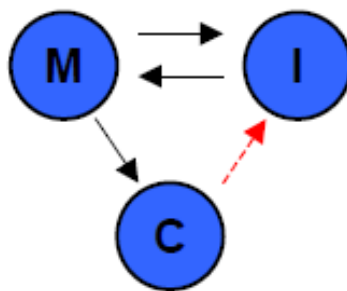


Рисунок 44 – Взаимодействие модулей программы Phase2

Любой технологический процесс горного производства, в котором участвует горная порода, в той или иной степени зависит от комплекса физических свойств породы. Поэтому проектирование таких процессов, выбор технологической схемы и соответствующего оборудования, эффективная эксплуатация этого оборудования, повышение производительности труда, снижение себестоимости и энергоёмкости горных работ, моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород [49] связаны со знанием физических свойств горных пород и физических процессов, происходящих в них.

3.2.2 Моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород в пределах лавы по пласту K12 шахты им. Костенко

Для моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород был выбран участок отработки [50] угольного пласта K12 на территории шахты им. Костенко УД АО «АрселорМиттал Темиртау» в районе лавы 48 K12-1-в.

Горнотехнические условия отработки запасов угля лавы 48 K12-1-в приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Горнотехнические условия отработки

Наименование показателей	Лавы 48 K12-1-в
Средняя глубина разработки, м	310
Вынимаемая мощность пласта, м	2,7
Угол падения пласта, град	6°
Длина, м	840
Начало отработки	март 2008 г.
Конец отработки	январь 2009 г.
Начало отработки	март 2008 г.
Конец отработки	январь 2009 г.
Скорость подвигания очистного забоя	81 м/мес
Способ управления кровлей	полное обрушение

Для геомеханического моделирования массива горных пород на первом этапе был изучен план горных выработок по пласту K12 (рисунок 45) в районе лавы 48-K12-1-в.

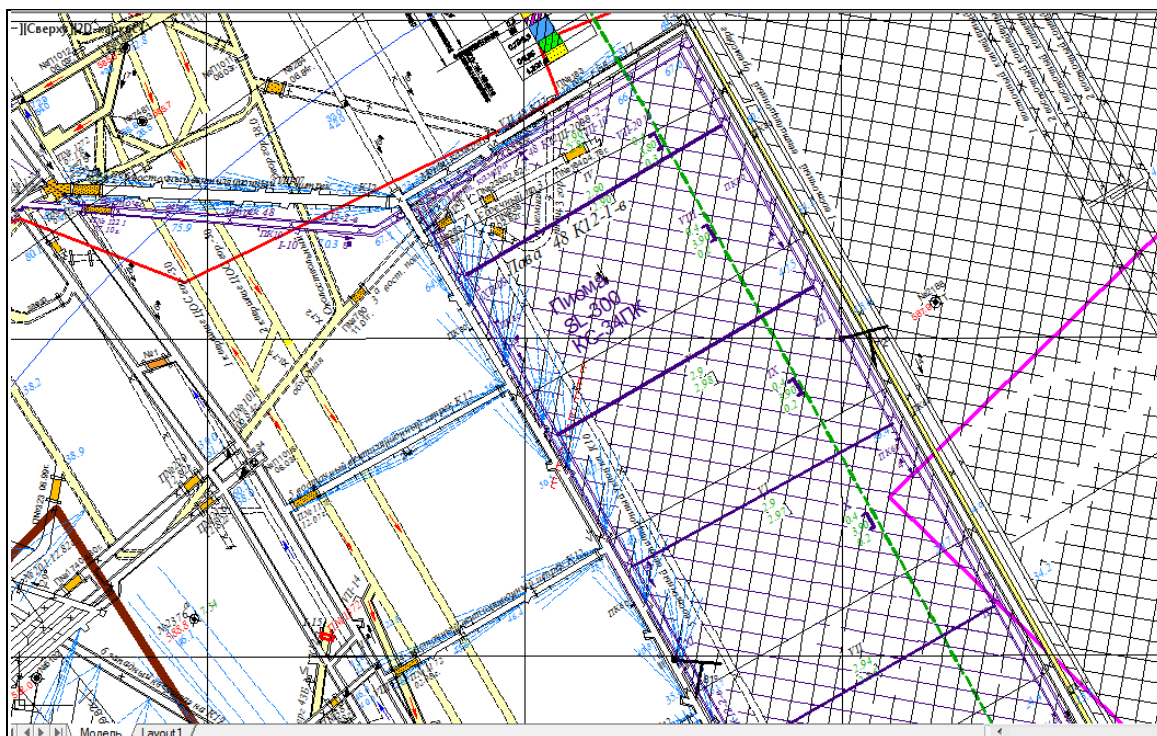


Рисунок 45 – Выкопировка с плана горных выработок по пласту K12

В результате по геологическому разрезу имеющейся рядом с рассматриваемой лавой скважины №2188 (рисунок 46), а также по имеющимся отметкам конвейерного и вентиляционного штрека был построен разрез по лаве вкрест и по простиранию пласта в программе AutoCAD (рисунки 47, 48).

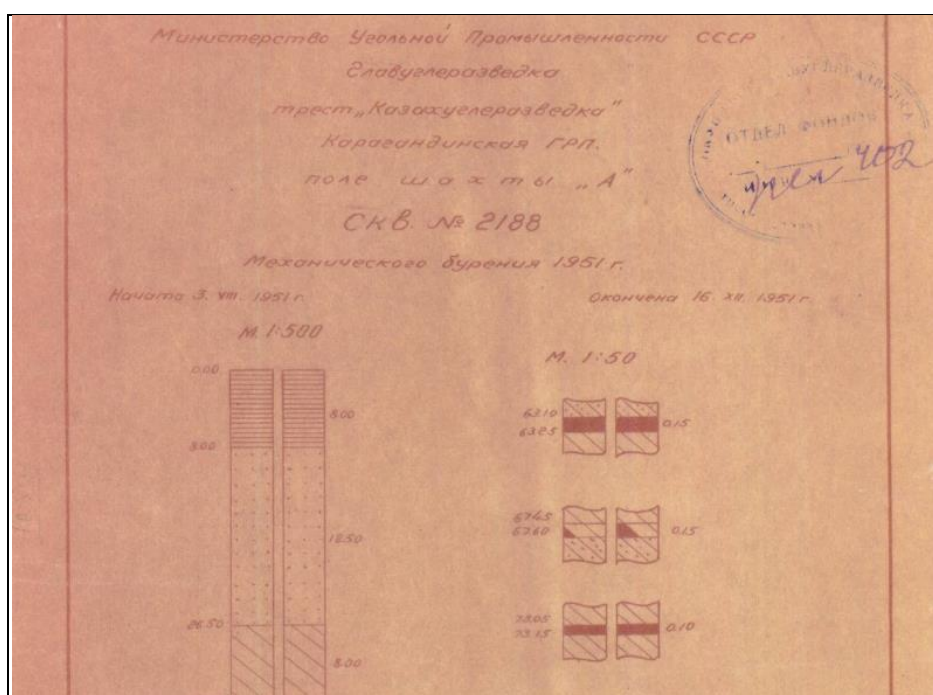


Рисунок 46 – Фрагмент геологического разреза по скважине №2188

На следующем этапе путем импорта из AutoCAD файла обменного формата dxf разрезы были занесены в программу Phase 2.

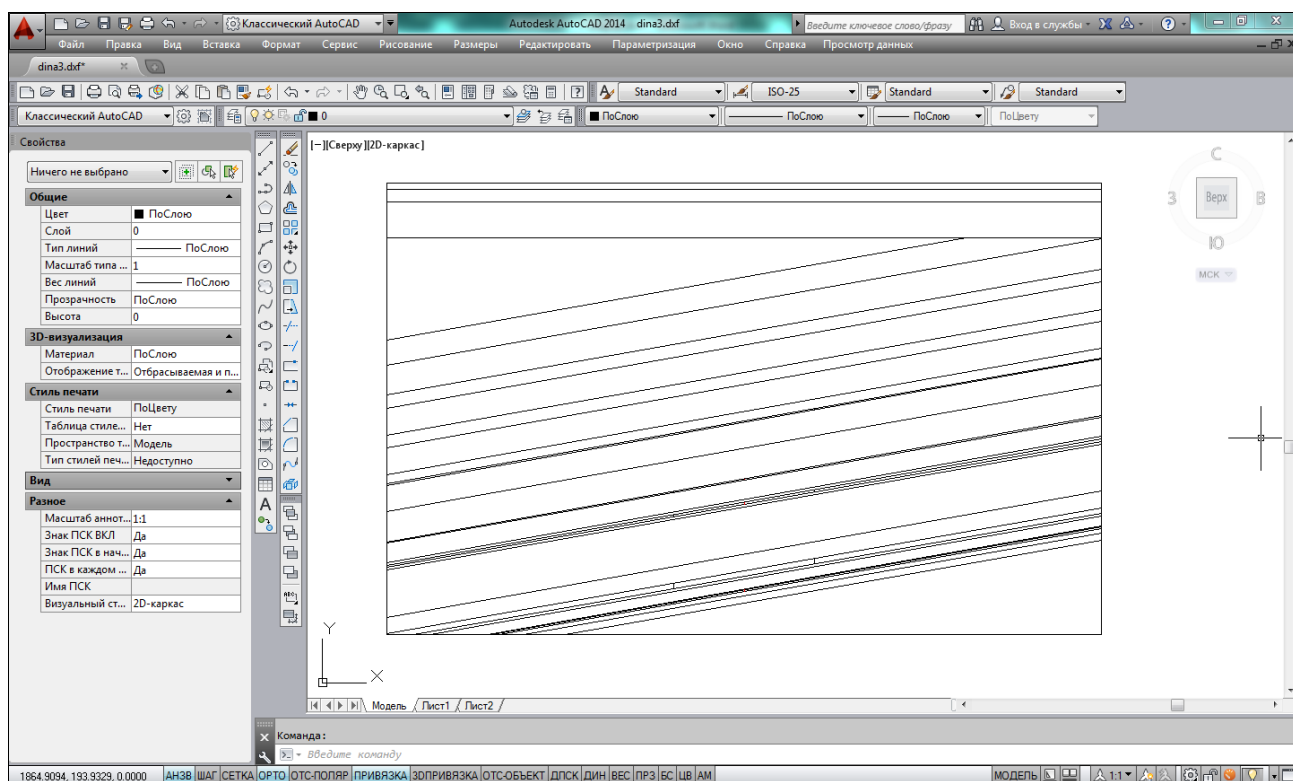


Рисунок 47 – Разрез по лаве вкрест простирания пласта

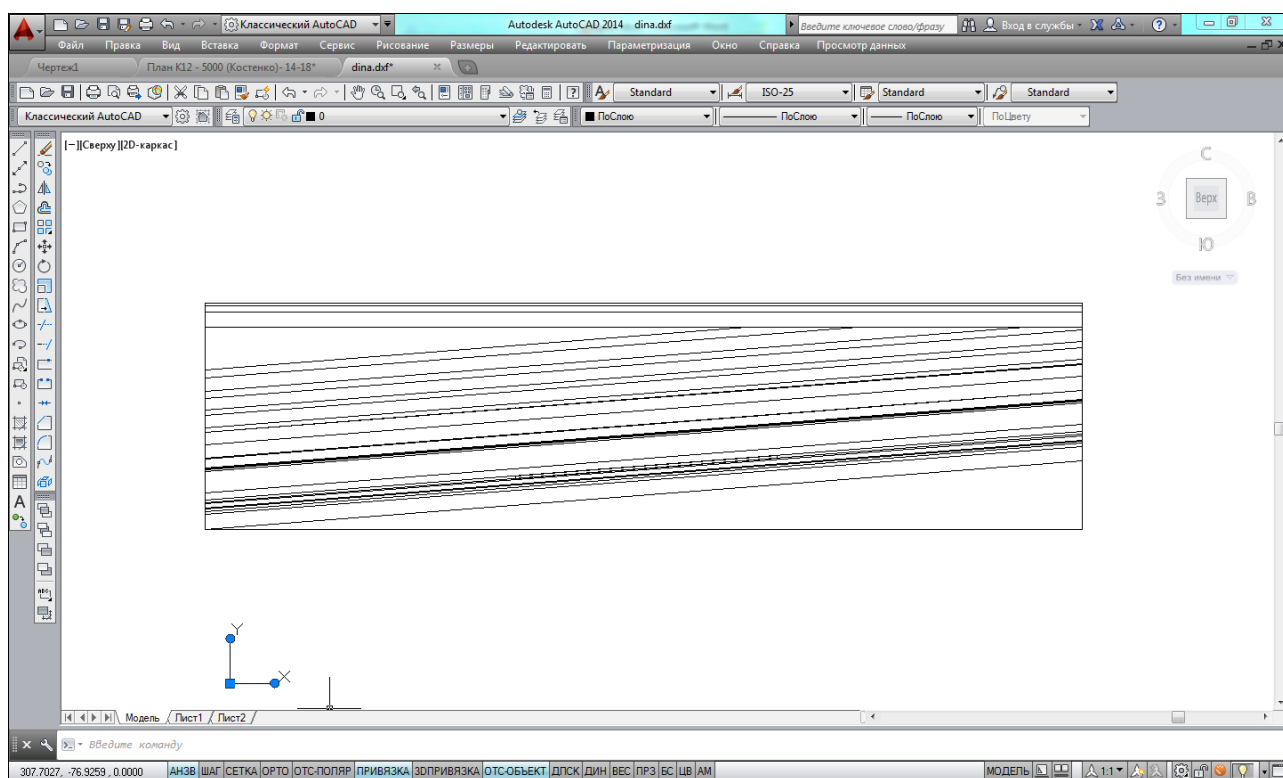


Рисунок 48 – Разрез по лаве по простиранию пласта

Далее для каждого угольного пласта и горной породы, имеющейся на разрезах, а также для наносов были заданы физико-механические свойства, характерные для горно-геологических условий шахты им. Костенко (таблица 23).

Таблица 23 – Физико-механические свойства горных пород, залегающих в районе шахты им. Костенко

Показатель	Ед. изм.	песчаник	алевролит	аргиллит	уголь
Модуль упругости (модуль Юнга)	МПа	30500	27000	12000	3500
Коэффициент Пуассона		0,22	0,2	0,21	0,26
Сопротивление сжатию	МПа	51-78	35-45	20-28	10-20
Сопротивление растяжению	МПа	5,1-7,4	3,7-4,7	2-2,9	1,5-2
Объемный вес	МН/м ³	2,61	2,5	2,48	1,64
Сцепление	МПа	14,2	10,2	8,7	1,2-3,6
Угол внутреннего трения	градус	35	35	35	35

Ранее в данном районе в разные годы были отработаны лавы по выше лежащим угольным пластам K18, K14, K13 (рисунок 49, 50, 51) [32].

В пределах рассматриваемой лавы участки, где велись очистные работы по выемке угля по пластам K18, K14, K13, K12, были выделены отдельно и поэтапно были заданы как отработанное пространство.

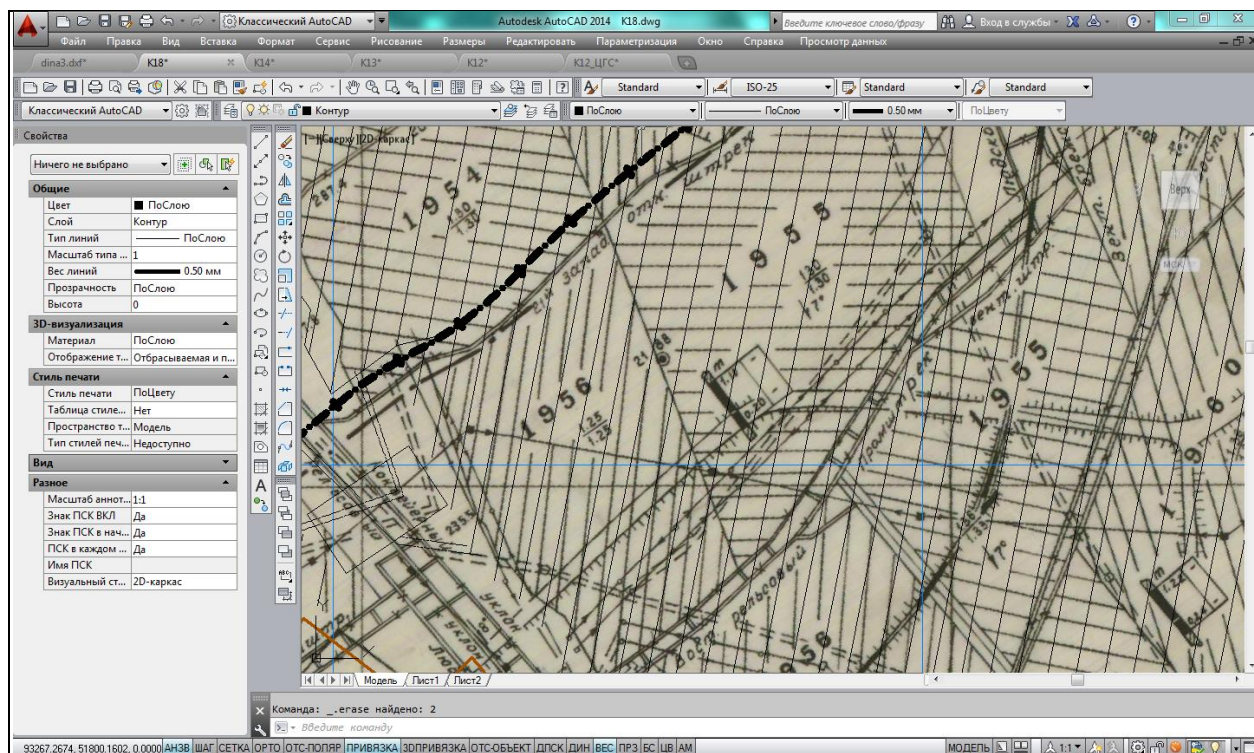


Рисунок 49 – Выкопировка с плана горных выработок по пласту K18

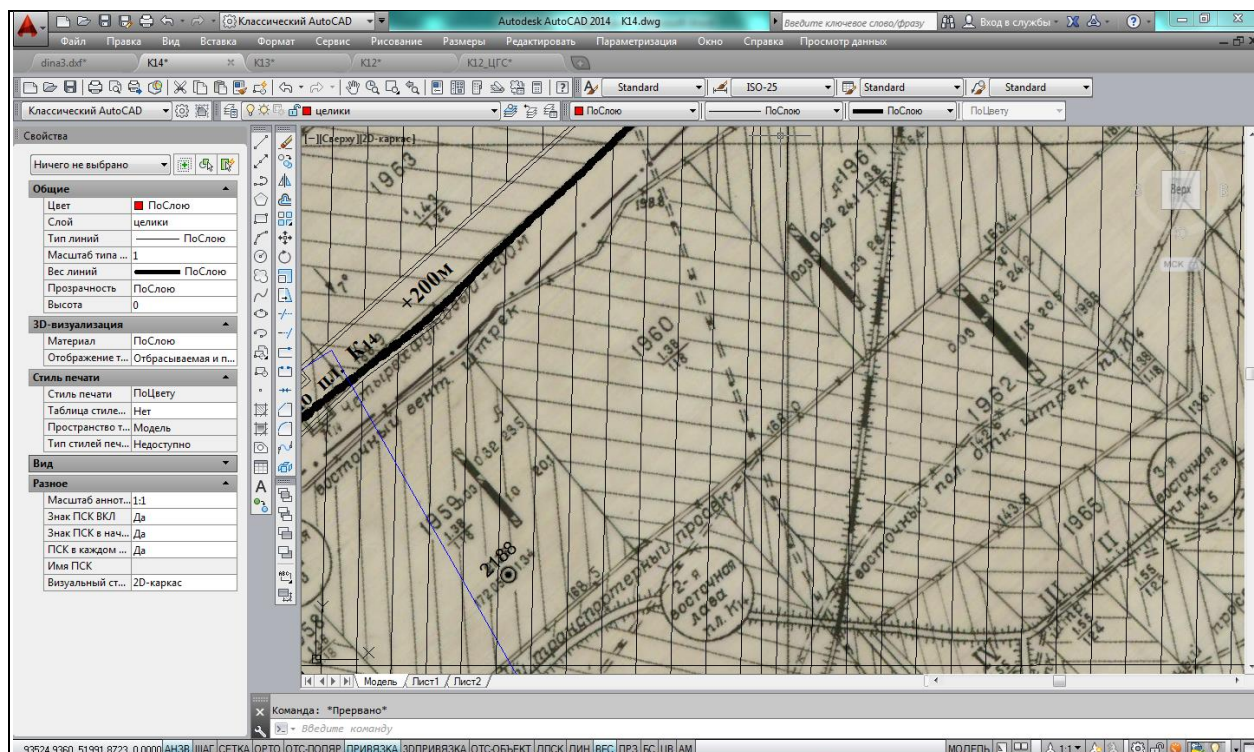


Рисунок 50 – Выкопировка с плана горных выработок по пласту K14

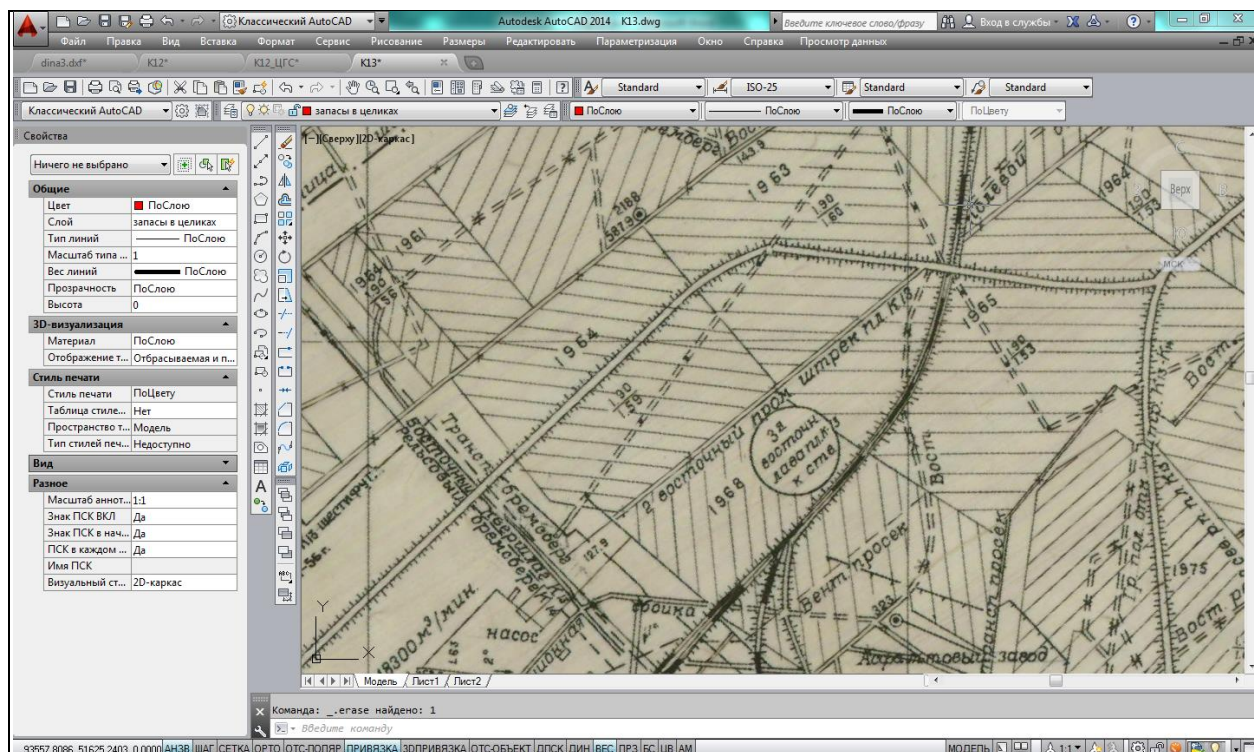


Рисунок 51 – Выкопировка с плана горных выработок по пласту K13

Далее в программе Phase была проведена интерпретация полученных результатов с выводом на экран данных по состоянию имеющегося в массиве горных пород напряженно-деформированного состояния вкрест и по простиранию пласта (рисунки 52, 53) [51].

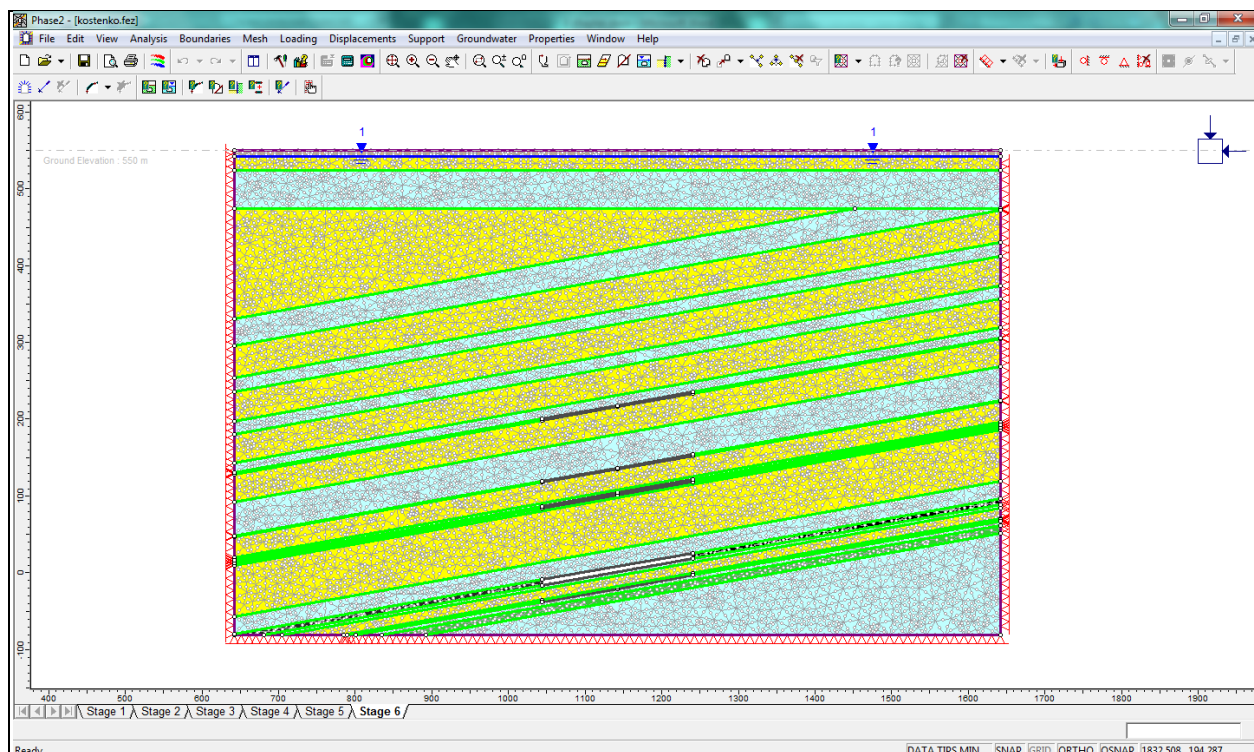


Рисунок 52 – Дискретная модель массива горных пород
вкрест простирания пласта

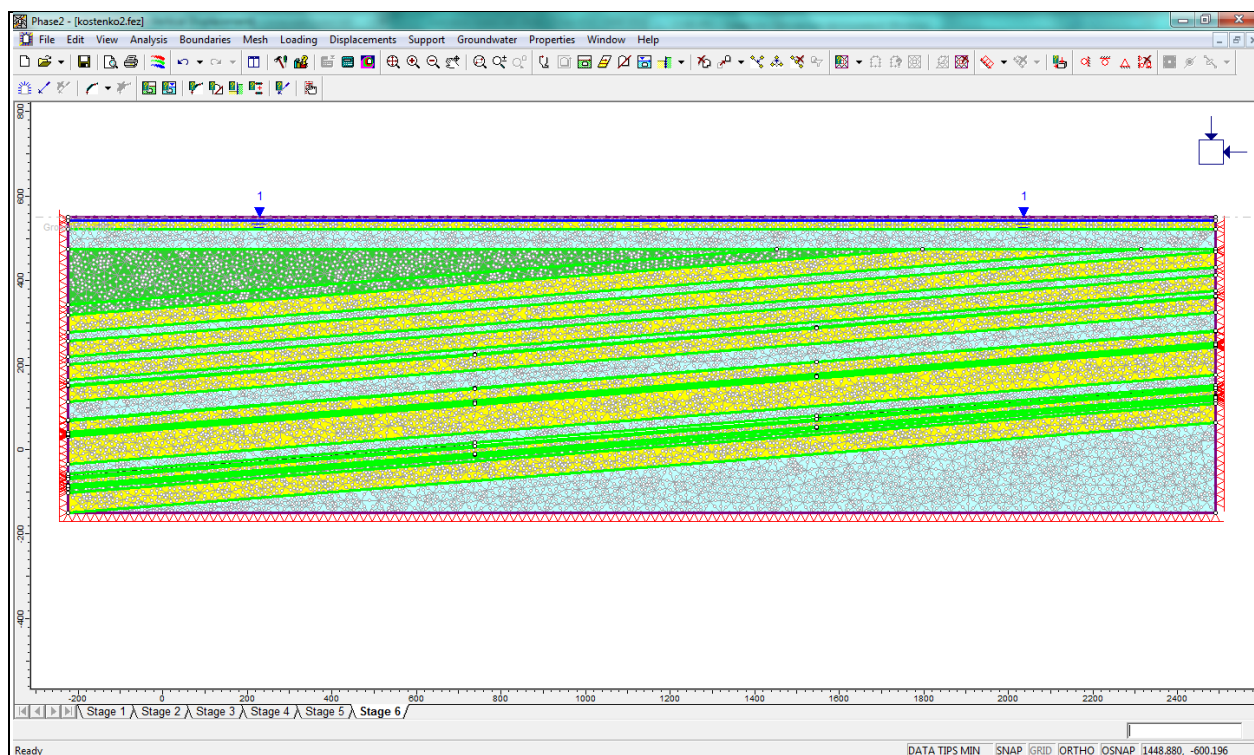


Рисунок 53 – Дискретная модель массива горных пород
по простиранию пласта

Данные по проекту, количественная характеристика модели приведены на рисунке 54:

Phase2 Analysis Information <u>Document Name</u> kostenko fill.fez <u>Project Settings</u> <u>General</u> Project Title: Project1 Number of Stages: 8 Analysis Type: Plane Strain Solver Type: Gaussian Elimination Units: Metric, stress as MPa <u>Stress Analysis</u> Maximum Number of Iterations: 500 Tolerance: 0.001 Number of Load Steps: Automatic Convergence Type: Absolute Energy Tensile Failure: Reduces Shear Strength <u>Groundwater</u> Method: Piezometric Lines Pore Fluid Unit Weight: 0.00981 MN/m3 <u>Field Stress</u> Field stress: gravity Ground surface elevation: 550 m Unit weight of overburden: 0.027 MN/m3 Total stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 1 Total stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 1 Locked-in horizontal stress (in-plane): 0 Locked-in horizontal stress (out-of-plane): 0 <u>Mesh</u> Mesh type: uniform Element type: 6 noded triangles Number of elements on Stage 1: 9034 Number of nodes on Stage 1: 18233 Number of elements on Stage 2: 9016 Number of nodes on Stage 2: 18214 Number of elements on Stage 3: 9000 Number of nodes on Stage 3: 18199 Number of elements on Stage 4: 8982 Number of nodes on Stage 4: 18180 Number of elements on Stage 5: 8945 Number of nodes on Stage 5: 18124 Number of elements on Stage 6: 8889 Number of nodes on Stage 6: 18054 Number of elements on Stage 7: 8897 Number of nodes on Stage 7: 18066 Number of elements on Stage 8: 8901 Number of nodes on Stage 8: 18076	<u>Mesh</u> Mesh type: uniform Element type: 6 noded triangles Number of elements on Stage 1: 9034 Number of nodes on Stage 1: 18233 Number of elements on Stage 2: 9016 Number of nodes on Stage 2: 18214 Number of elements on Stage 3: 9000 Number of nodes on Stage 3: 18199 Number of elements on Stage 4: 8982 Number of nodes on Stage 4: 18180 Number of elements on Stage 5: 8945 Number of nodes on Stage 5: 18124 Number of elements on Stage 6: 8889 Number of nodes on Stage 6: 18054 Number of elements on Stage 7: 8897 Number of nodes on Stage 7: 18066 Number of elements on Stage 8: 8901 Number of nodes on Stage 8: 18076 <u>Mesh Quality</u> 1707 of 9034 Elements (18.9 % of elements) are poor quality elements 236 of 9034 Elements (2.6 % of elements) are poor quality elements because of the side length ratio 1383 of 9034 Elements (15.3 % of elements) are poor quality elements because of the minimum interior angle 1038 of 9034 Elements (11.5 % of elements) are poor quality elements because of the maximum interior angle (elements can be of poor quality for more than one reason) <u>Mesh Quality Statistics</u> The worst element has (ratio = 30.32), (min angle = 0.10) (max angle = 179.57) 10.0% of elements have: (ratios > 2.9), (min angles < 13.6) (max angles > 125.6) 20.0% of elements have: (ratios > 2.2), (min angles < 22.8) (max angles > 108.6) 30.0% of elements have: (ratios > 1.9), (min angles < 28.8) (max angles > 98.2) 40.0% of elements have: (ratios > 1.8), (min angles < 33.6) (max angles > 92.8) 50.0% of elements have: (ratios > 1.6), (min angles < 37.2) (max angles > 87.6) 60.0% of elements have: (ratios > 1.5), (min angles < 40.3) (max angles > 82.6) 70.0% of elements have: (ratios > 1.4), (min angles < 43.3) (max angles > 78.4) 80.0% of elements have: (ratios > 1.3), (min angles < 46.0) (max angles > 74.9) 90.0% of elements have: (ratios > 1.3), (min angles < 48.9) (max angles > 71.4) 100.0% of elements have: (ratios > 1.2), (min angles < 52.6) (max angles > 67.7)
--	---

Рисунок 54 – Характеристика проекта в Phase

Далее был произведен расчет напряженно-деформированного состояния массива горных пород, разделенный на 6 стадий (таблица 24):

Таблица 24 – Описание стадий расчета

Номер стадии	Характеристика отработанного участка со способом управления кровлей – полное обрушение
Стадия 1	Лава по пласту K18, 1955-1956 гг.
Стадия 2	Лава по пласту K14, 1959-1961 гг.
Стадия 3	Лава по пласту K13, 1965-1966 гг.
Стадия 4	Лава по пласту K12, 2007 гг.
Стадия 5	Лава по пласту K12, 2009 гг.
Стадия 6	Лава по пласту K10, планируется к отработке

3.2.3 Интерпретация полученных результатов моделирования

Интерпретация показала границы влияния на массив горных пород после отработки лавы по каждому из пластов последовательно.

Данные по показателям вертикальных и горизонтальных деформаций на земной поверхности по линии центральной части лавы от стадии к стадии отображены на графиках (рисунок 55, 56).

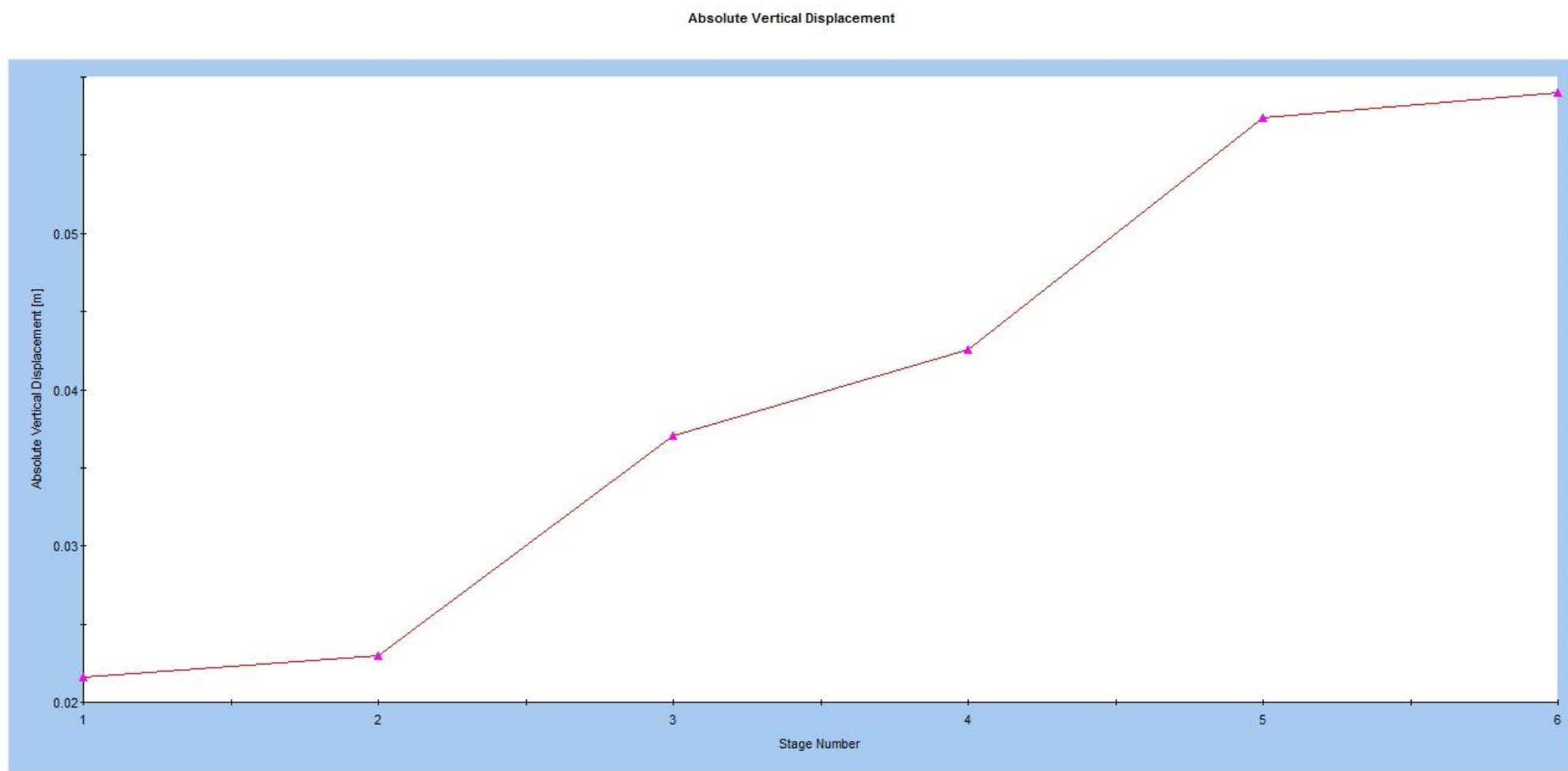


Рисунок 55 – График изменения вертикальных деформаций

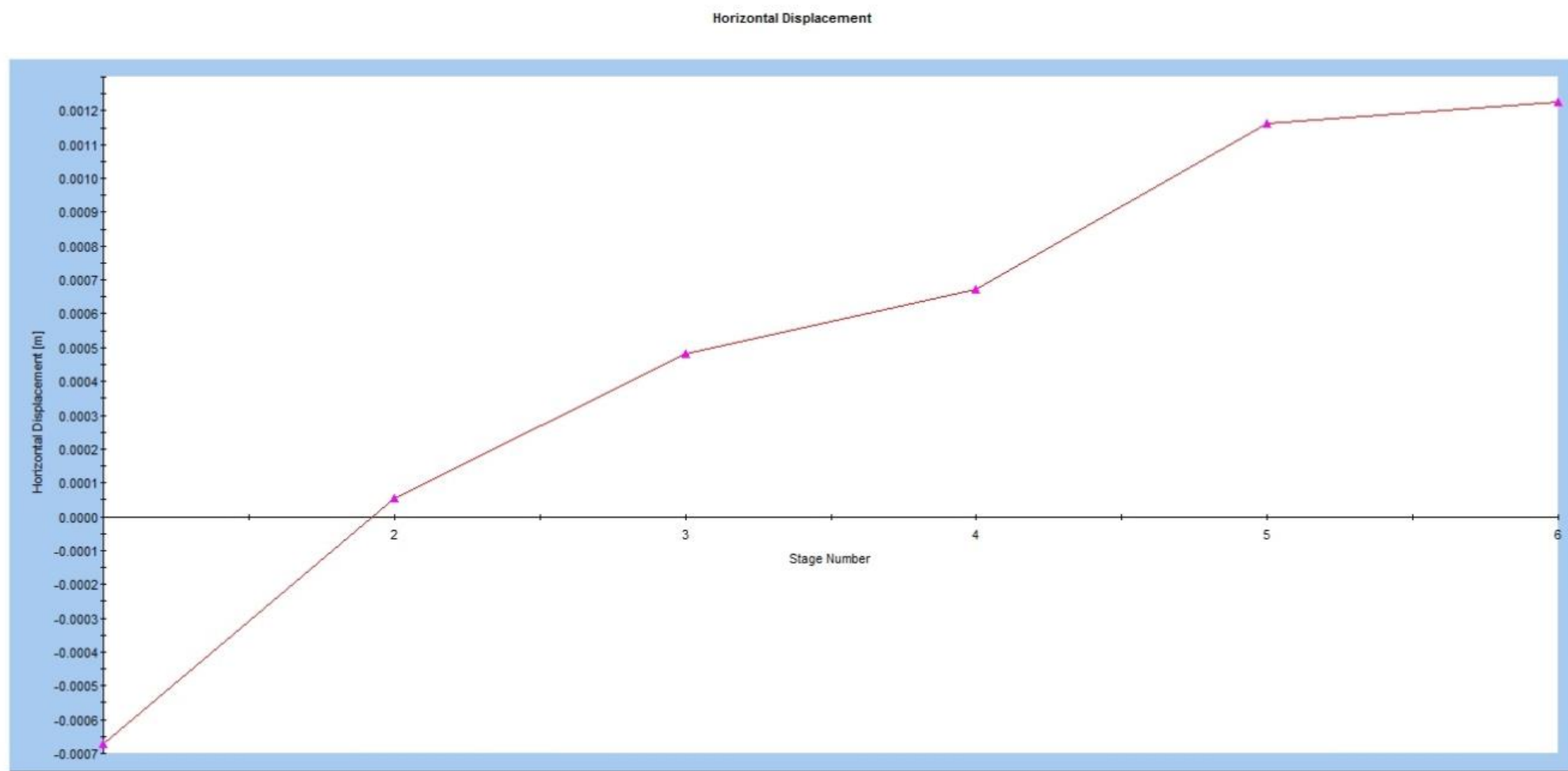


Рисунок 56 – График изменения горизонтальных деформаций

Согласно графику вертикальных перемещений точки в зависимости от времени из главы 2 можно определить $H_{нач.акт.ст.}$ для точки, расположенной в середине лавы по пласту К12:

$$H_{нач.акт.ст.} = 0,0125 \times t_{нач.акт.ст.} = 0,075 \text{ м.}$$

А по данным из графика изменений вертикальных деформаций этой же точки (рисунок 39 из главы 2) также составляет 0,07 м, что подтверждает достоверность построенной модели напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

3.3 Технологические схемы ведения горных работ с частичной закладкой выработанного пространства

С целью обеспечения целостности зданий и сооружений, находящихся на земной поверхности в диссертационной работе предлагается технологическая схема отработки угольных пластов с частичной закладкой выработанного пространства.

При существующей технологии отработки пласта длинными забоями по простиранию и падению в качестве способа управления кровлей пласта после проведения очистных работ производится не полная закладка, а частичная, с заполнением отработанного пустого пространства смесью породы, получаемой при подрывке или после проходки породных забоев.

Для снижения стоимости и времени работ по закладке выработанного пространства, а также для оставления породы, полученной при подрывке и при проходке породных выработок, разработаны технологические схемы отработки угольных пластов с возведением трех закладочных полос вдоль вентиляционного и конвейерного штреков и в середине лавы (рисунок 57) и двух закладочных полос только вдоль штреков (рисунок 58) при отработке лавы длиной 200 м.

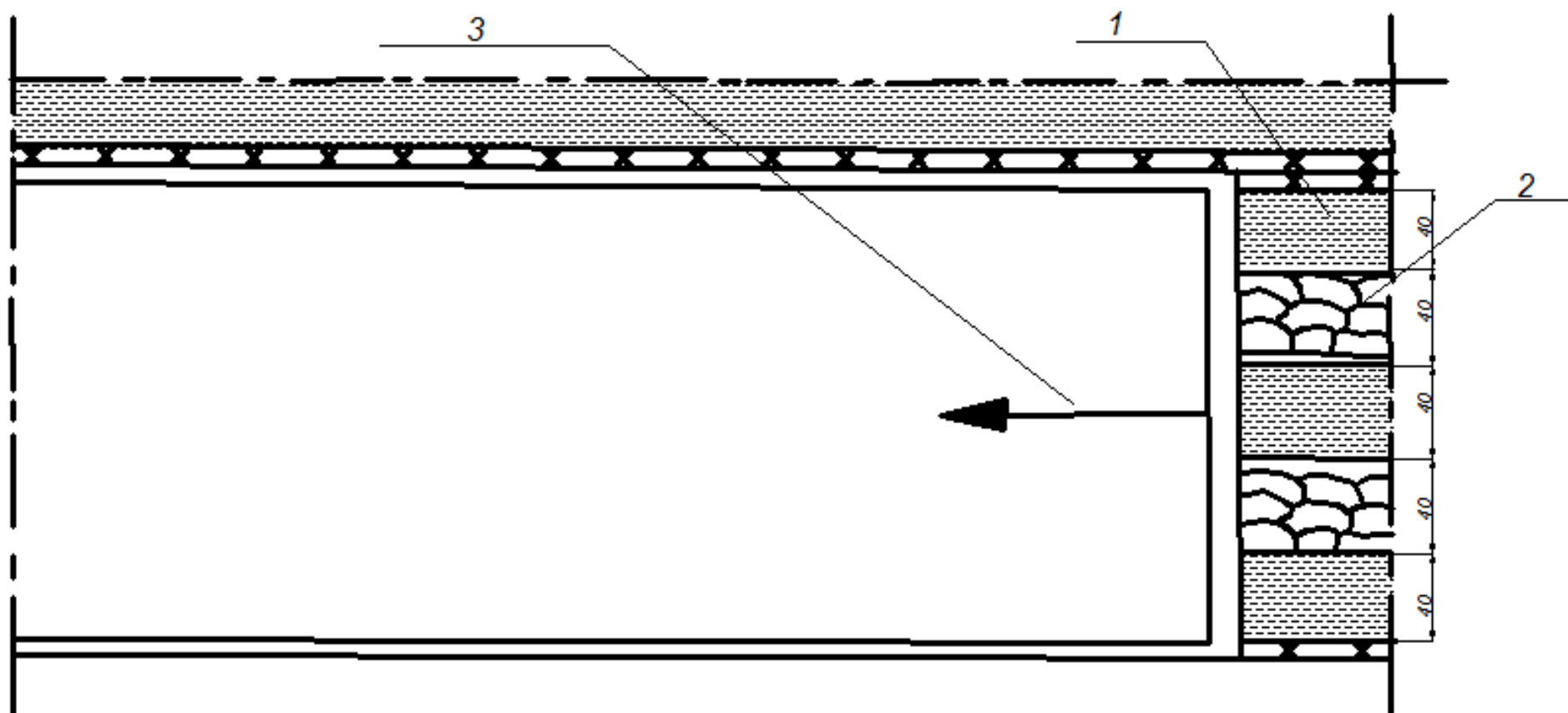
Общий вид разработанной технологической схемы с закладкой двух закладочных полос с учетом поверхностных объектов показан на рисунке 59.

Технология выемки и закладки осуществляется в следующем порядке.

В исходном положении конвейер придвинут к груди забоя. Закладка выработанного пространства производится поэтапно.

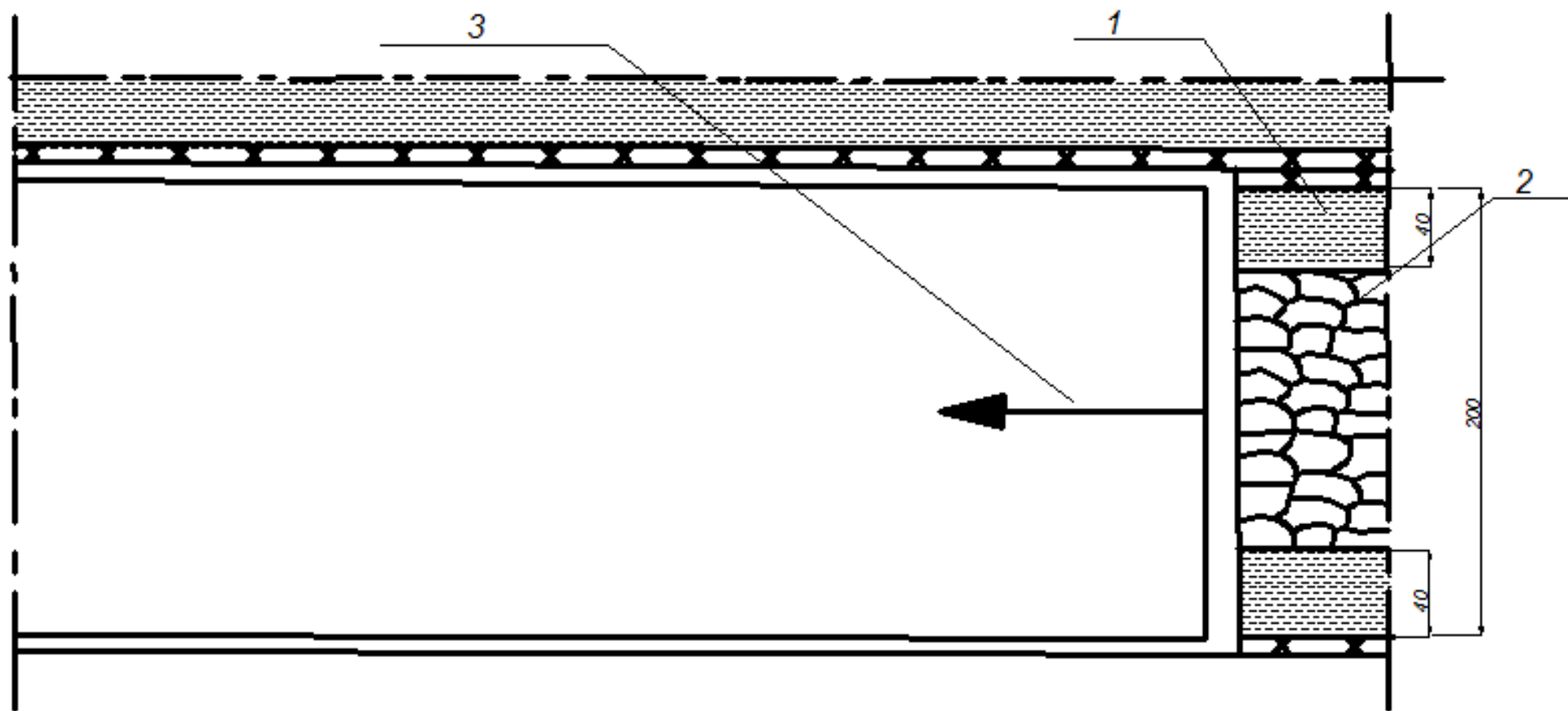
При выемке угля с некоторым отставанием от работающего комбайна производится переноска задних стоек крепи и передвижка комбайна. После выемки второй полосы и передвижки щита производятся работы по закладке. Закладка лавы начинается с конвейерного хода.

Для предупреждения пылеобразования при выемке угля в очистном забое принимается предварительное увлажнение угольного массива, позволяющее снизить запыленность воздуха на 50-80% и ослабить угольный массив на 15-20%.



1 – закладочный массив; 2 – обрушение кровли пласта; 3 – направление движения очистных работ по добыче угля в лаве

Рисунок 57 – Технологическая схема частичной закладки выработанного пространства с тремя закладочными полосами



1 – закладочный массив; 2 – обрушение кровли пласта; 3 – направление движения очистных работ по добыче угля в лаве

Рисунок 58 – Технологическая схема частичной закладки выработанного пространства с двумя закладочными полосами

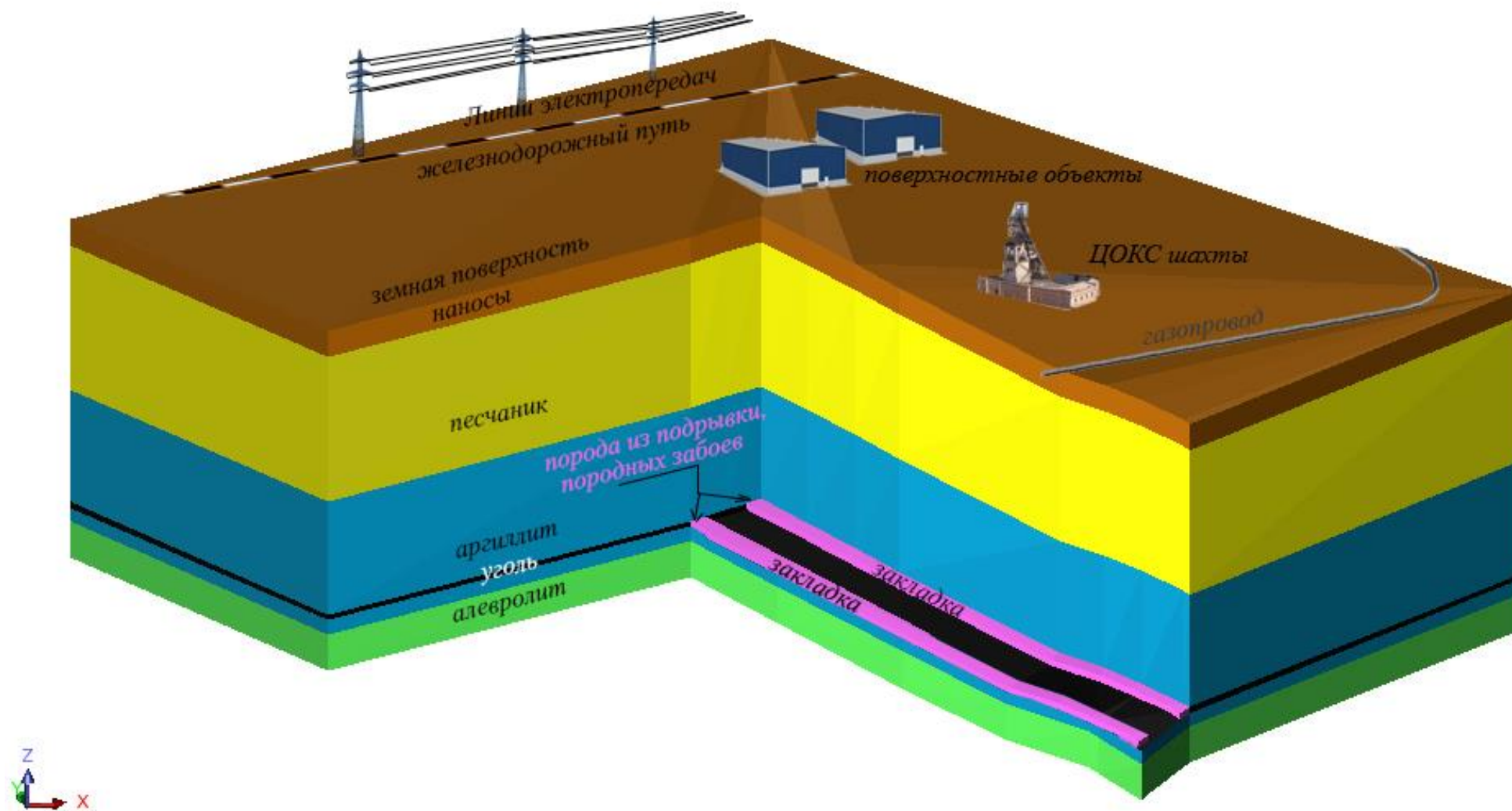


Рисунок 59 – Общий вид технологической схемы с частичной закладкой выработанного пространства двумя закладочными полосами

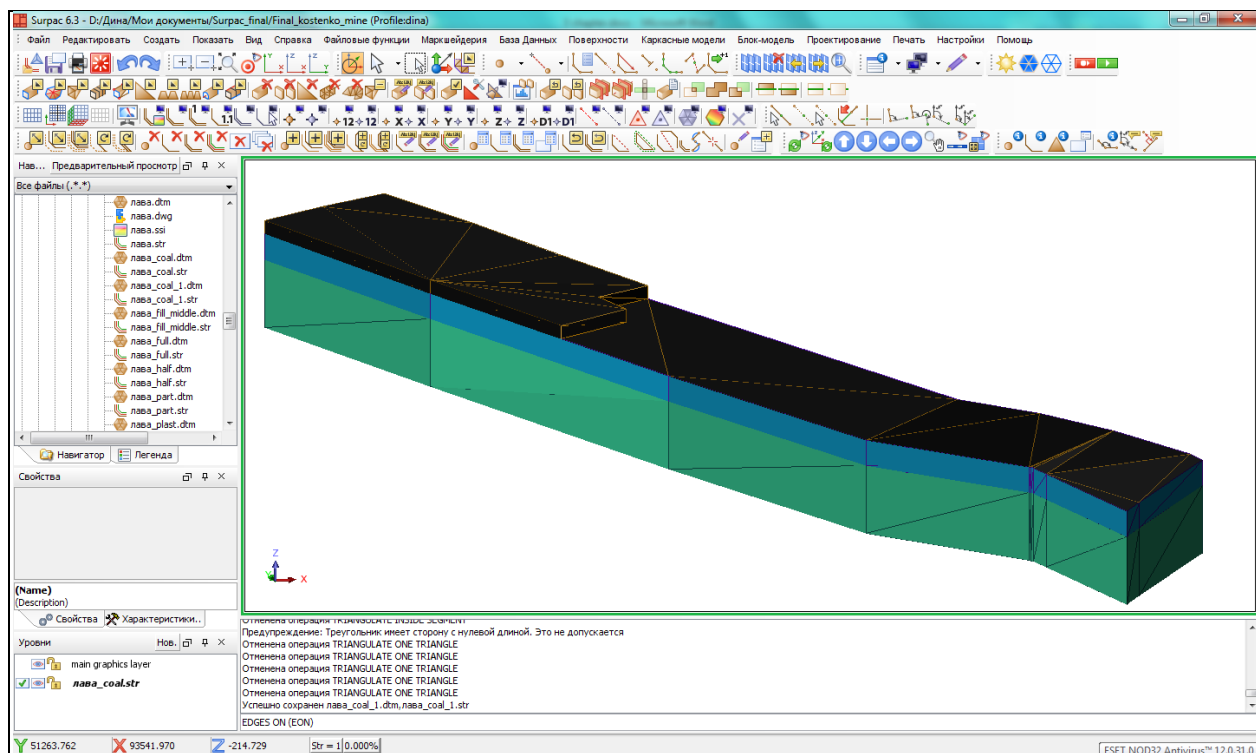


Рисунок 61 – Геологическая модель по лаве пласта K10

На первом этапе с частичной закладкой выработанного пространства полосами шириной 40 м вдоль вентиляционного и конвейерного штреков (рисунок 62). Геологическая модель показана на рисунке 63.

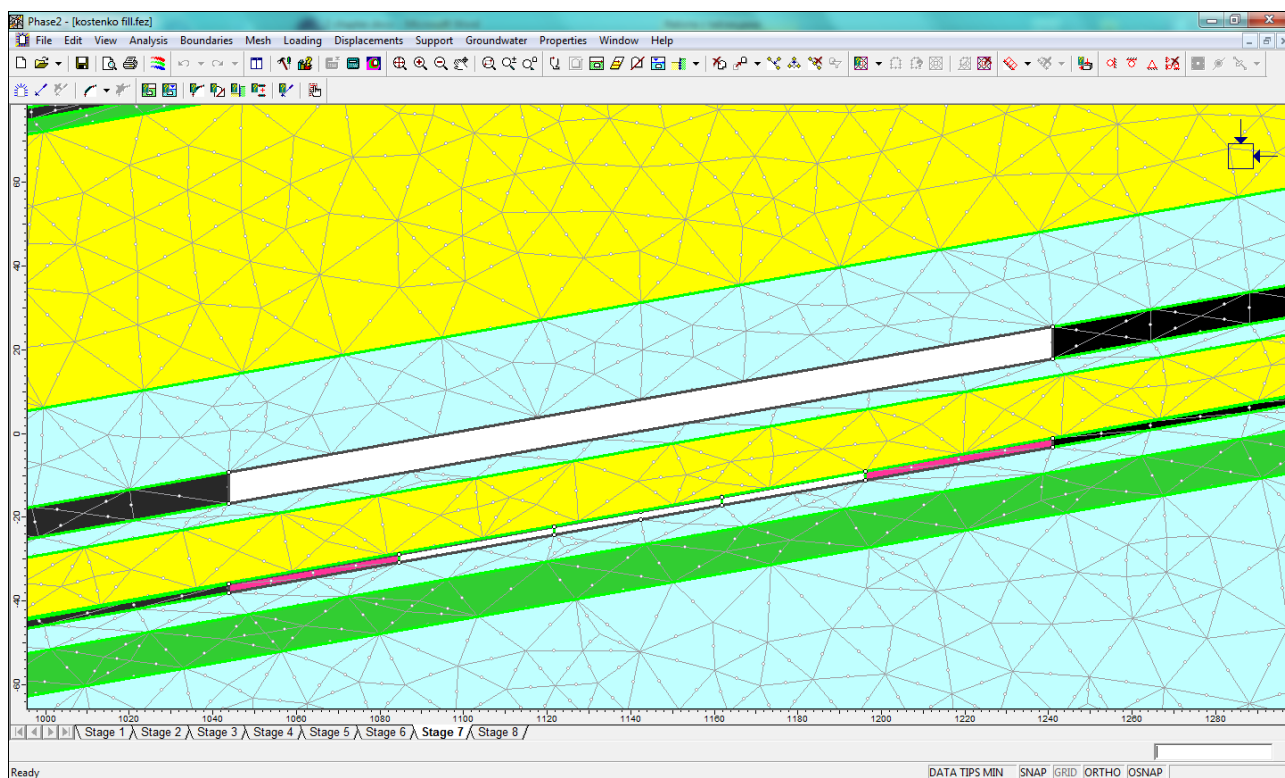


Рисунок 62 – Конечно-элементная модель, 1 этап

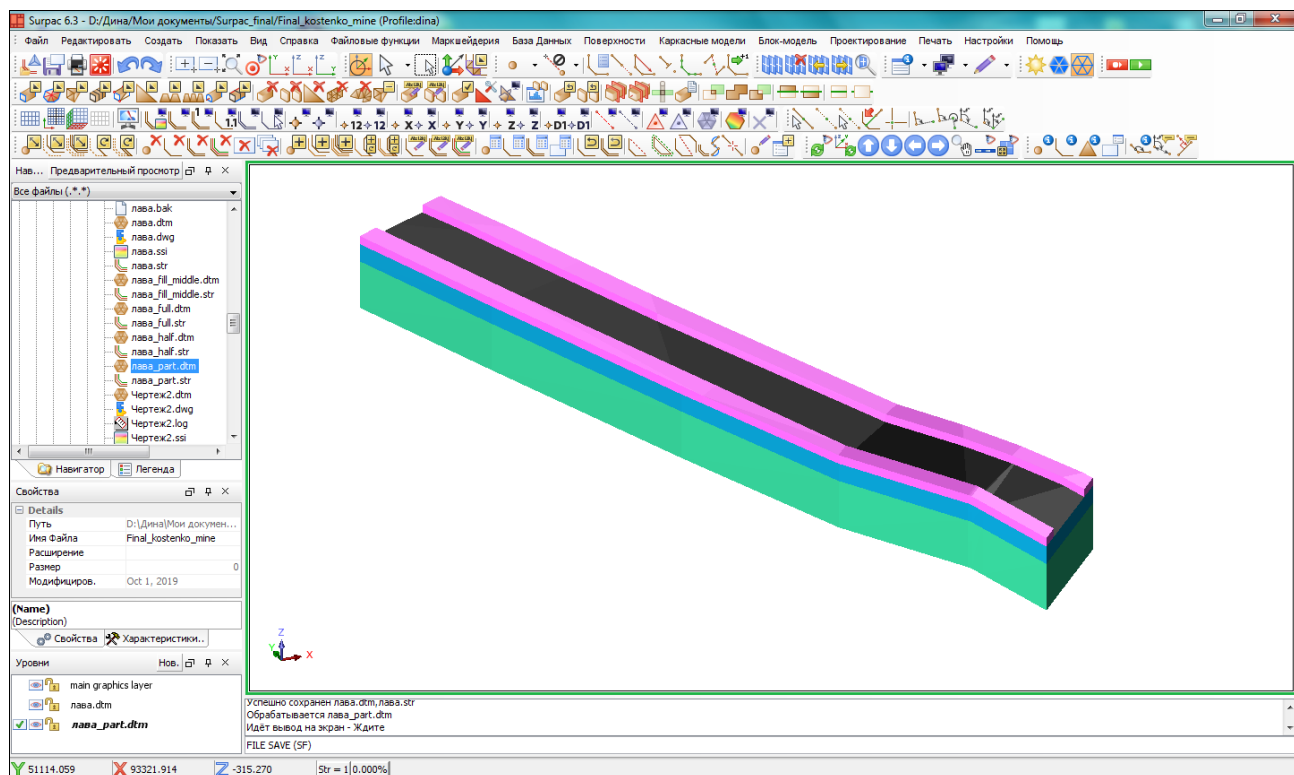


Рисунок 63 – Геологическая модель, 1 этап

На втором этапе заложением дополнительной закладочной полосы в 40 м посередине лавы (рисунок 64). Геологическая модель показана на рисунке 65.

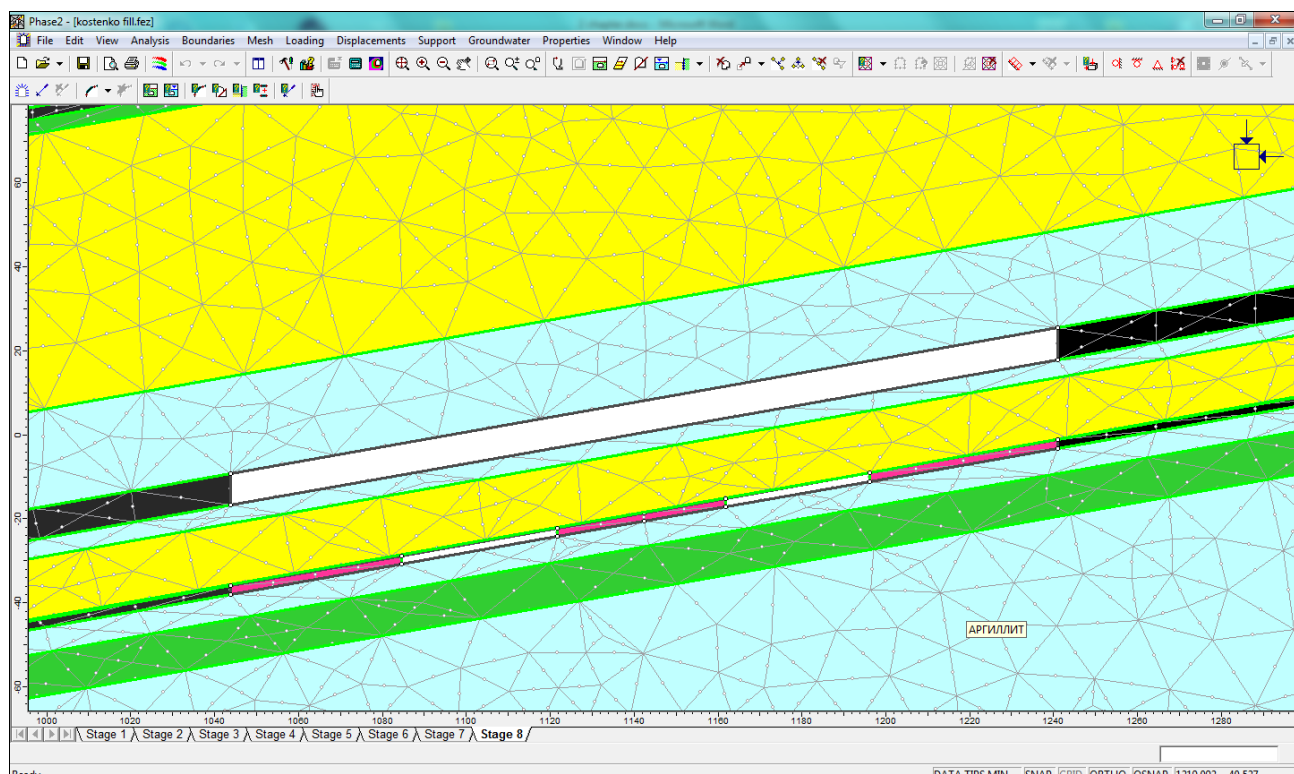


Рисунок 64 – Конечно-элементная модель, 2 этап

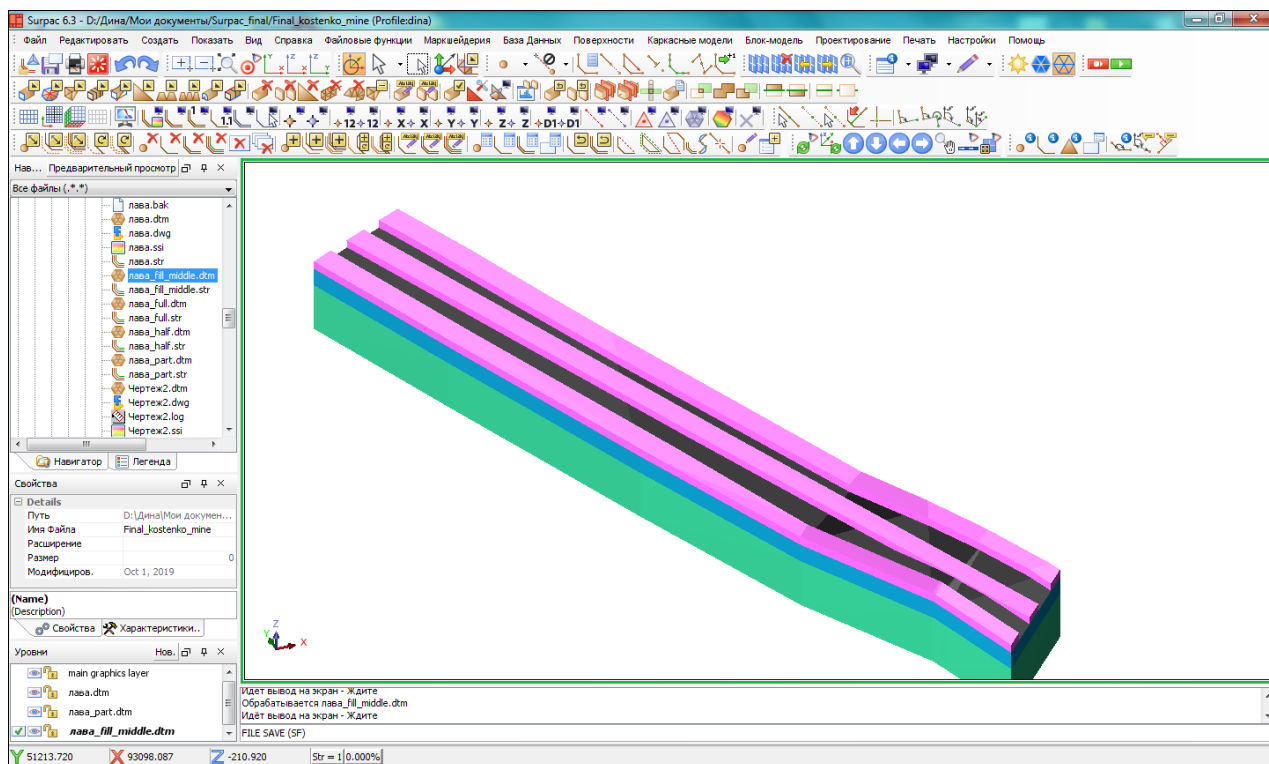


Рисунок 65 – Геологическая модель, 2 этап

В качестве закладочного материала была использована смесь песчаника с аргиллитом со следующими физико-механическими свойствами (рисунок 66):

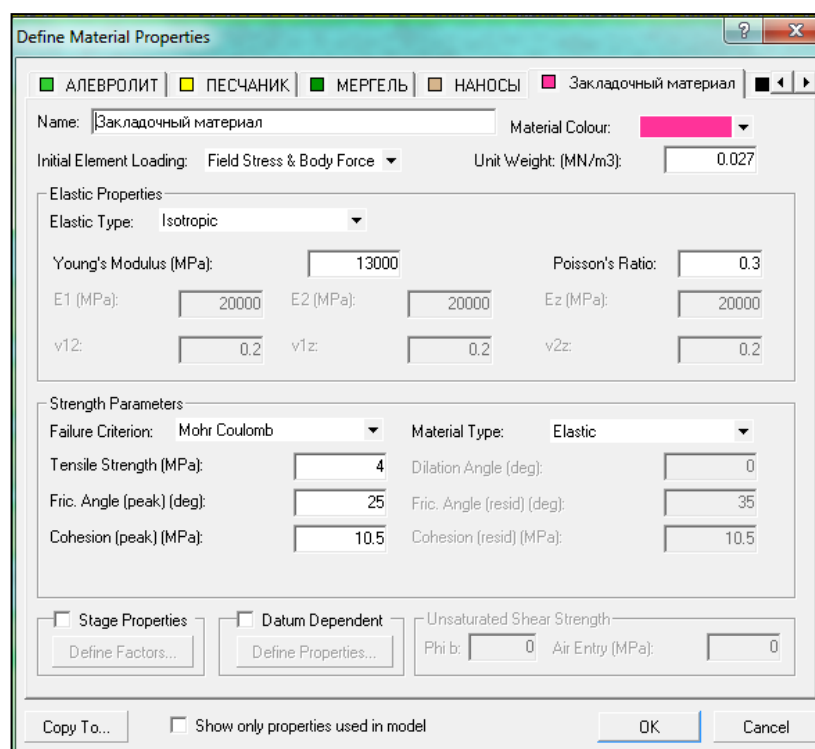


Рисунок 66 – Физико-механические свойства

В результате расчета модели и интерпретации результатов были получены следующие графики изменения величин горизонтальных, вертикальных и суммарных деформаций (рисунок 67, 68, 69), начиная от стадии 1 до стадии 8 (таблица 25).

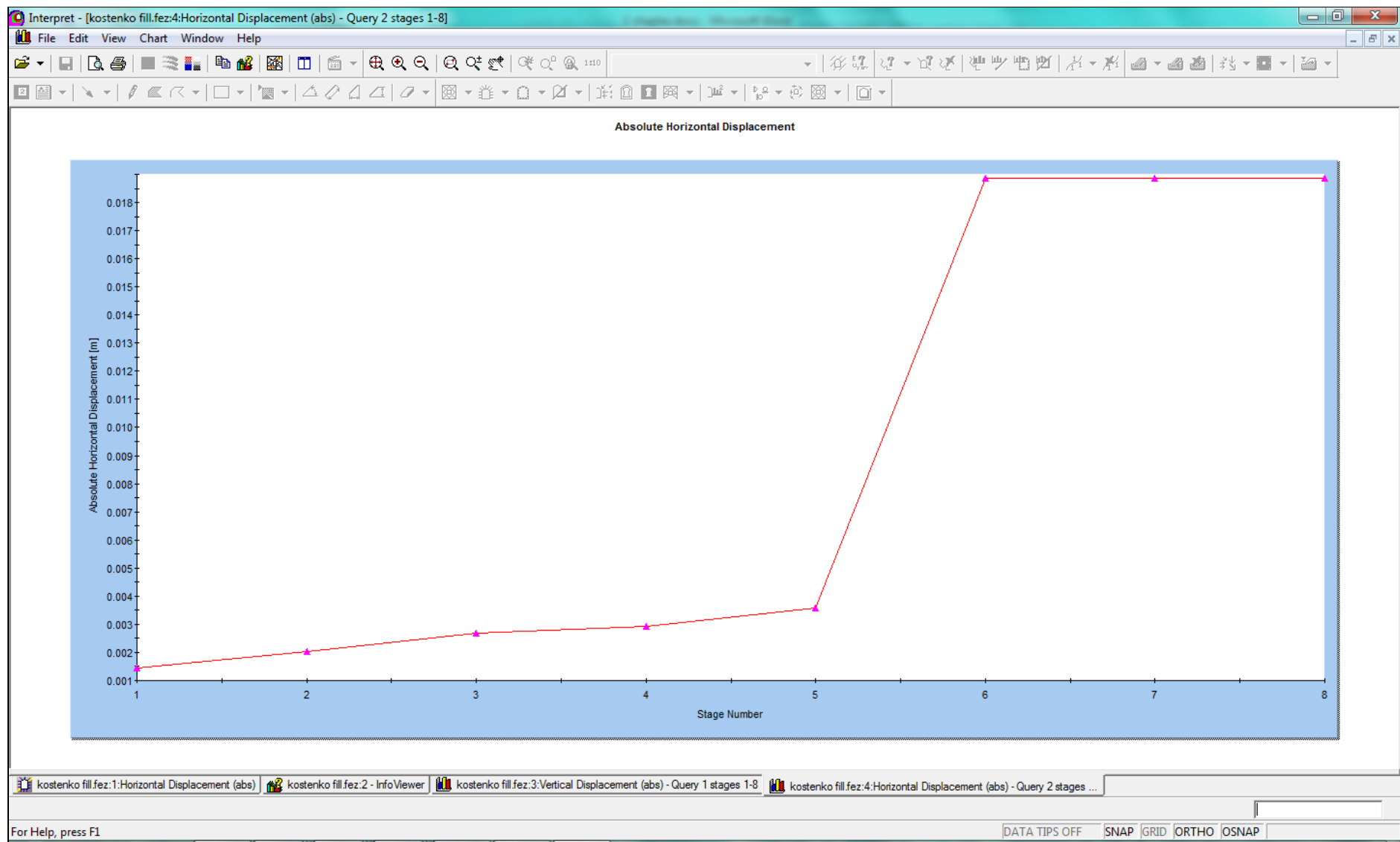


Рисунок 67 – График изменения величин горизонтальных деформаций

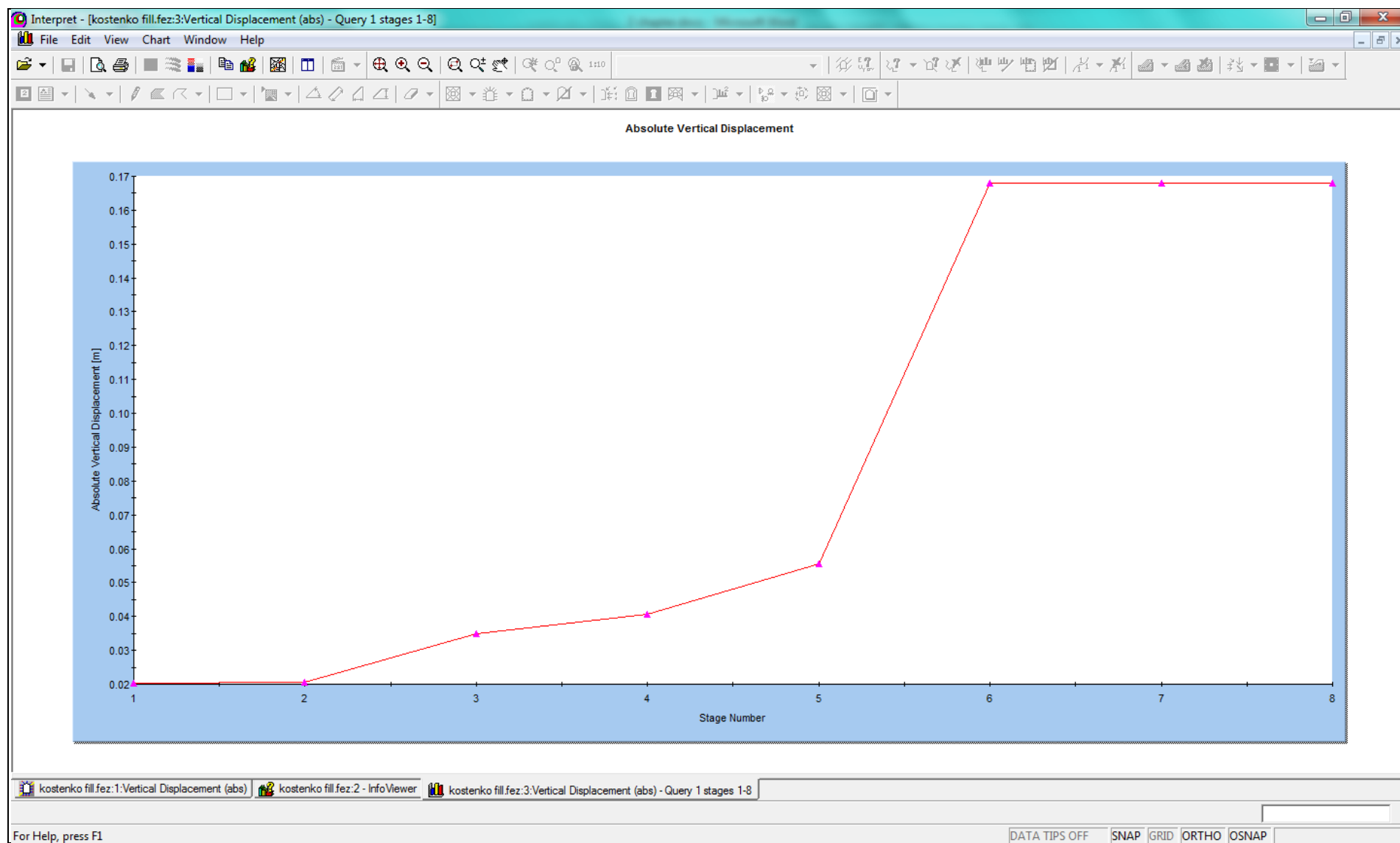


Рисунок 68 – График изменения величин вертикальных деформаций

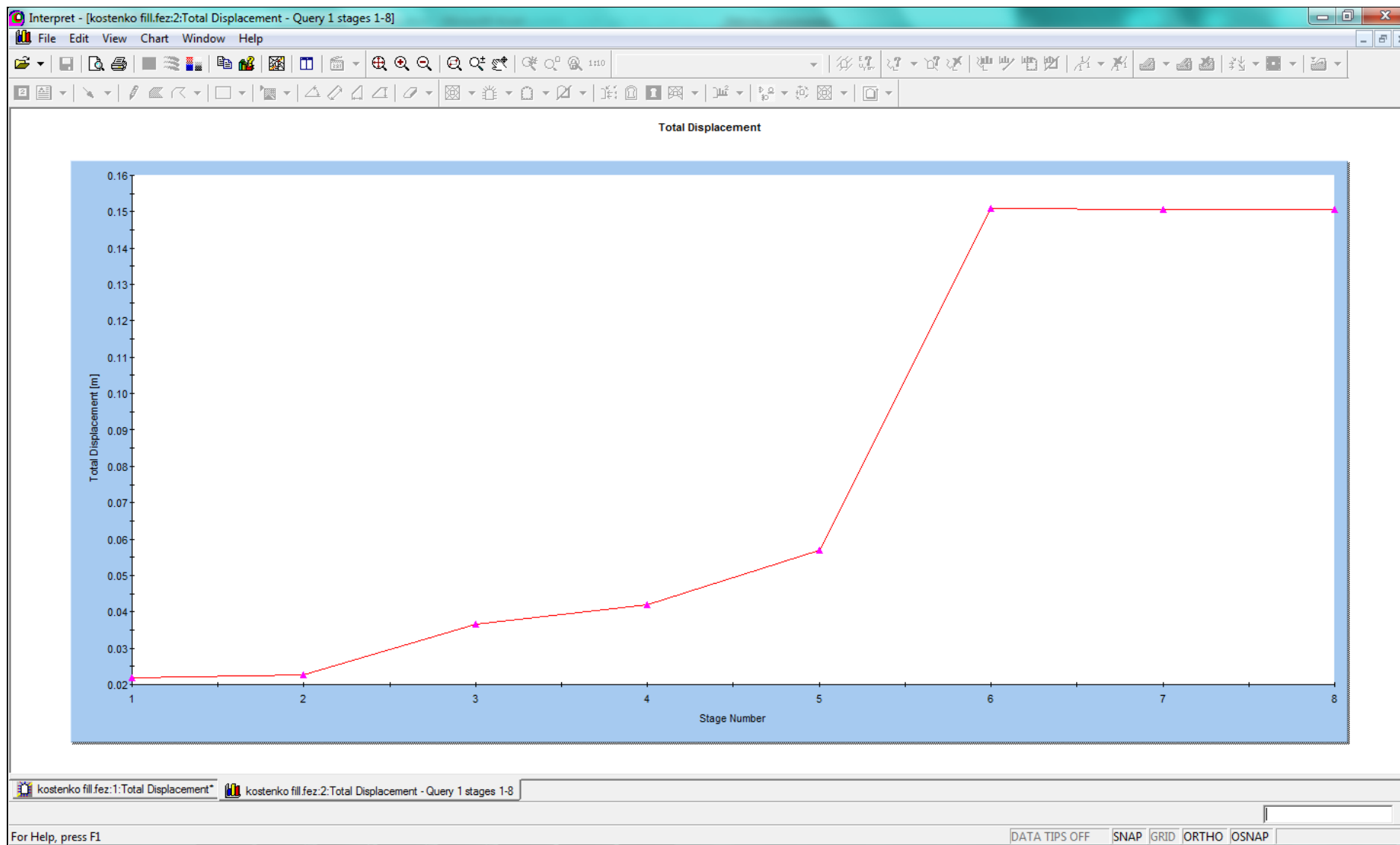


Рисунок 69 – График изменения величин суммарных деформаций

Таблица 25 – Описание стадий расчета

Номер стадии	Характеристика
Стадия 1	Лава по пласту K18, 1955-1956 гг. – полное обрушение
Стадия 2	Лава по пласту K14, 1959-1961 гг. – полное обрушение
Стадия 3	Лава по пласту K13, 1965-1966 гг. – полное обрушение
Стадия 4	Лава по пласту K12, 2007 гг. – полное обрушение
Стадия 5	Лава по пласту K12, 2009 гг. – полное обрушение
Стадия 6	Лава по пласту K10, планируется к отработке
Стадия 7	Закладка по 40 м двух полос
Стадия 8	Закладка по 40 м трех полос

Кривые всех трех графиков идентичные. От стадии 6 к стадии 8 наблюдается полное отсутствие изменений рассматриваемых параметров.

Выводы по главе 3

Разработанная компьютерная программа определения мер охраны поверхностных объектов с учетом различных параметров зданий, сооружений, инженерных сетей при различных горно-геологических и горнотехнологических условий ведения горных работ по добыче угля для условий Карагандинского угольного бассейна позволяет в автоматизированном режиме установить выбор той или иной технологии отработки.

Произведенное компьютерное конечно-элементное моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород в нетронutom состоянии, после многократной подработки земной поверхности после окончания очистных работ по каждому из вынимаемых угольных пластов K18, K14, K13, K12 с полным обрушением кровли на основе фактических физико-механических свойств горных пород дало возможность рассчитать ожидаемые величины вертикальных, горизонтальных и суммарных деформаций земной поверхности.

Полученные в результате конечно-элементного моделирования значения сдвижений земной поверхности подтверждаются данными натурных маркшейдерско-геодезических измерений рассматриваемого участка.

Для исследования применения закладки выработанного пространства были построены модели после предполагаемой отработки лавы по пласту K10 в 2024 году. Первая модель была построена при условии ведения горных работ с закладкой по 40 м по краям лавы. Вторая модель – по 40 м по краям и в середине лавы. Полученные модели напряженно-деформированного состояния массива горных пород при многократной подработке с двумя вариантами закладки выработанного пространства позволили рассчитать ожидаемые значения сдвижений земной поверхности.

4 ОЦЕНКА ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОКЛАДКИ ГАЗОПРОВОДА «САРЫАРКА» И ПОИСК РЕШЕНИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЕГО БЕЗОПАСНУЮ И БЕЗАВАРИЙНУЮ РАБОТУ В УСЛОВИЯХ ПОДРАБОТАННЫХ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ ТЕРРИТОРИЙ

Разработанную методику ведения горных работ с частичной закладкой выработанного пространства возможно применить для различных поверхностных объектов при значительных величинах ожидаемых сдвижений земной поверхности [55] при отработке пластов с полным обрушением кровли. К одному из них относится газопровод «СарыАрка».

Газификация центральной и северной части Республики Казахстан является одной из приоритетных направлений развития страны на текущий момент. Для этой цели было начато строительство газопровода «СарыАрка».

На первом этапе строительства магистральный газопровод «СарыАрка» пройдет по маршруту Кызылорда – Жезказган – Караганда – Темиртау – Астана (рисунок 70). Протяженность данного участка газопровода составляет 1061,3 км с пропускной способностью 2,2 млрд. кубических метров газа в год.

Этот участок газопровода позволит обеспечить природным газом население городов Астаны, Караганды, Темиртау, Жезказгана и близлежащих населенных пунктов вдоль трассы магистрального газопровода. Это, наряду с обеспечением газом 2,7 миллиона человек, положительно скажется и на экологической обстановке региона.

Земельные участки для строительства газопроводов выбираются в соответствии с требованиями Земельного кодекса Республики Казахстан и другими нормативными документами, предусмотренными действующим законодательством Республики Казахстан [56].

Проектом строительства определена трасса прохождения газопровода по Карагандинской области. Участки проектируемого магистрального газопровода «СарыАрка», а также разводящих газораспределительных сетей по городу Караганда общей протяженностью 15,5 км проходят по подрабатываемым территориям шахт им. Костенко, «Саранская», им. Кузембаева Угольного департамента АО «АрселорМиттал Темиртау».

В настоящее время ведутся работы по строительству автоматизированной газораспределительной станции АГРС Караганда в районе поселка Дубовка (рисунок 71). Ведется работа по прокладке труб газопровода (рисунок 72).

При этом опыта добычи угля под магистральными газопроводами и под разводящими газораспределительными сетями в Карагандинском угольном бассейне к настоящему времени нет.

Подработка грунта и связанного с ним газопровода на их контакте возникают касательные напряжения. Напряжения в трубах, вызванные подработкой, зависят от характера процесса сдвижения и способа укладки газопровода [57].

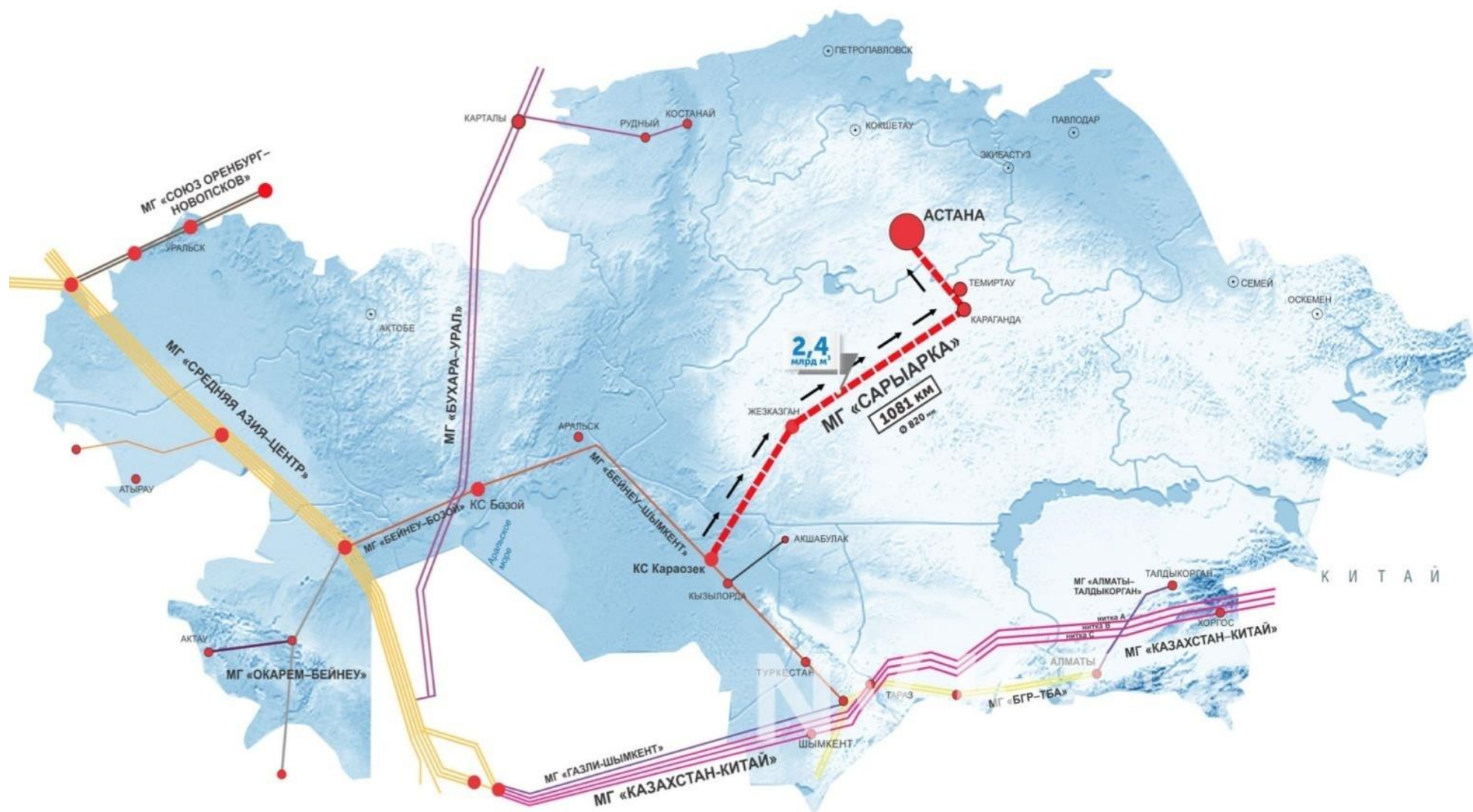


Рисунок 70 – Схема магистрального газопровода «СарыАрка»



Рисунок 71 – Строительство АГРС – Караганда возле пос. Дубовка



Рисунок 72 – Земляные работы по укладке стальных труб газопровода
близ поселка Актас

При надземной прокладке газопроводов свободное опирание их на промежуточные опоры исключает восприятие горизонтальных деформаций сдвига грунта. Защитной мерой от влияния подработки для подземных газопроводов является их освобождение на «мертвой» опоре, оказавшейся в зоне влияния подработки, с последующим закреплением после подработки. При условии своевременного выправления на подрабатываемых участках газопроводов на опорах нет необходимости введения в них дополнительных конструктивных защитных мероприятий, а достаточно ограничиться обычными компенсирующими устройствами, применяемыми для смягчения механического и температурного воздействия.

Прочность газопроводов проверяют при совместном действии нагрузок, возникающих в обычных условиях строительства и регламентированных установленными нормами, а также при воздействиях от подработки или просадки грунтов.

Подземные газопроводы, проложенные в грунте, соприкасаются с ним всей поверхностью, причем их длина во много раз превышает размеры в поперечном сечении. Поэтому газопроводы в основном подвержены влиянию горизонтальных сдвижений земной поверхности. На контакте газопровода и грунта возникают касательные напряжения. В этом и сказывается силовое воздействие деформирующегося грунта на газопровод.

Степень деформирования подрабатываемых объектов существенно зависит от порядка ведения горных работ, способа управления кровлей, скорости подвигания очистного забоя и других горнотехнических факторов [58]. Выбор оптимального сочетания этих факторов, то есть горнотехнических мер защиты, является важной составной частью проекта отработки запасов под застроенными территориями и природными объектами. Целесообразность применения той или иной горной меры защиты или комплекса этих мер определяется технико-экономическим расчетом и техническими возможностями.

В случае, когда объекты чувствительны не только к горизонтальным деформациям земной поверхности, но и к оседаниям, наклонам и кривизне земной поверхности, учитываются и эти параметры. В качестве конструктивных мер защиты устанавливают компенсаторы, повышают прочность труб и сварных стыков в сочетании с полимерными покрытиями и малозащемляющими обсыпками, а также повышают герметичность раструбных стыков.

4.1 Особенности и условия прокладки газопровода по земельному отводу шахты им. Костенко

Газораспределительные сети газопровода «СарыАрка» для обеспечения газом жителей микрорайона «Кунгей», села Уштобе проходят по земельному участку шахты им. Костенко (рисунок 73) [59].

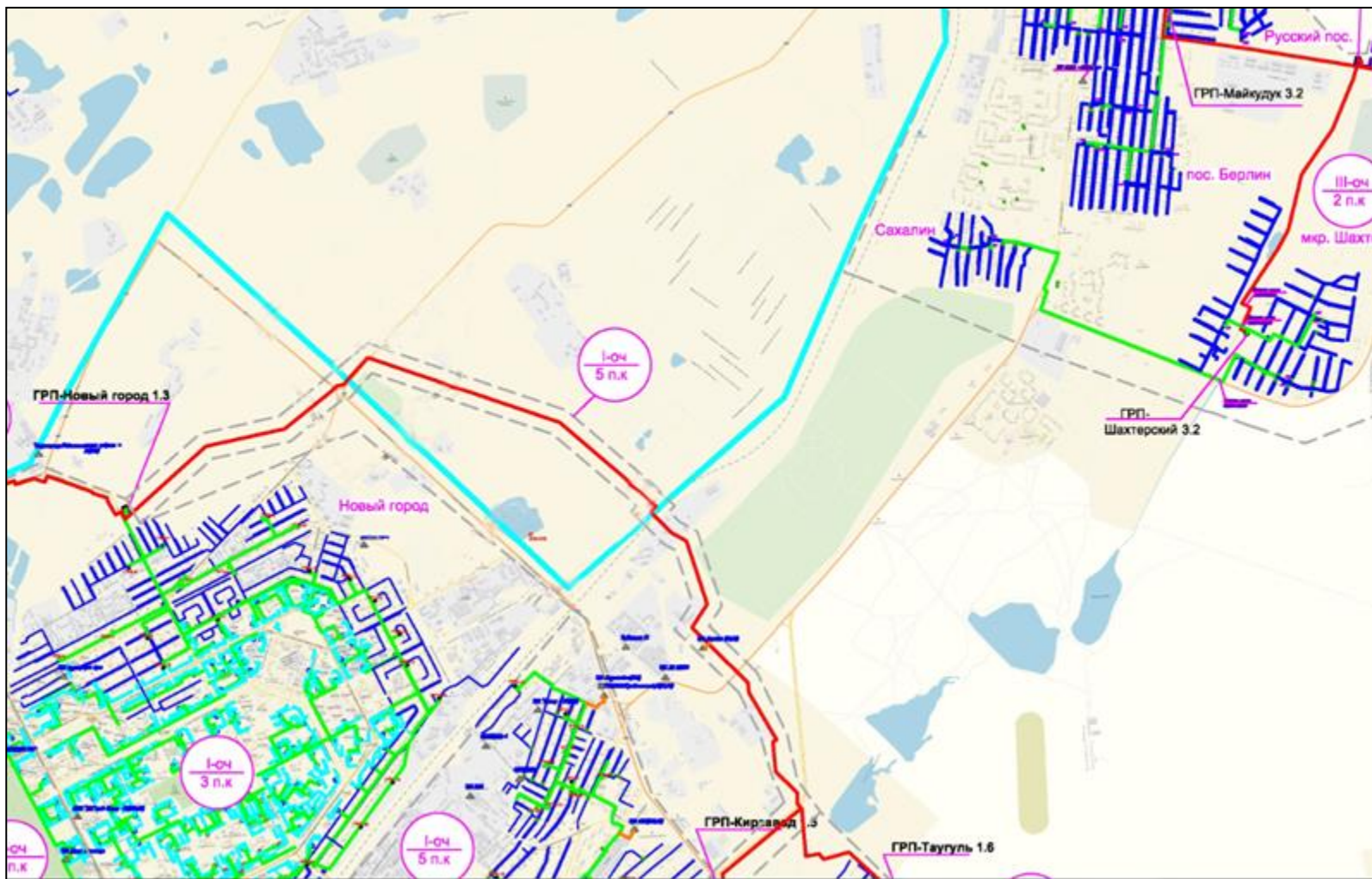


Рисунок 73 – Выкопировка со схемы газификации города Караганда

В качестве защиты в границах шахтного поля предусмотрены следующие мероприятия по прокладке газопровода:

- обратная засыпка траншеи газопровода песком на участке ПК5+00 ÷ ПК49 L=1805м;

- установка сильфонных компенсаторов Ду500 n=16шт;

- надземная прокладка участка подводящего газопровода Ду500, где вероятна просадка грунтов от 4м и более.

Газопровод проложен на регулируемых опорах Н-0,5м с П-образными компенсаторами. На неподвижных опорах газопровод проложен в местах тройников и на переходе через автодорогу с двух сторон [60].

Условия прокладки и отличительные особенности рассматриваемого газопровода характеризуются следующими данными (таблица 26):

Таблица 26 – Условия прокладки газопровода

Параметр	Значение
Глубина укладки трубопровода в грунт	$H = 1,2 \text{ м}$
Высота обваловки трубопровода грунтом	$H_{об} = 0,8 \text{ м}$
Наружный диаметр труб	$D_n = 250 \text{ мм}$
Толщина стенок труб	$\delta = 0,7 \text{ мм}$
Модуль упругости трубной стали	$E = 2,1 \times 10 \text{ МПа}$
Расчетное сопротивление растяжению сварных стыков	$mR_p^{св} = 189 \text{ МПа}$
Давление транспортируемого продукта	$P = 0,8 \text{ атм}$
Разность температур в период строительства и эксплуатации	$\Delta t = 20^\circ \text{ C}$
Вмещающий грунт	суглинок
Объемный вес грунта засыпки (обваловки)	$\gamma = 1,78 \text{ г/см}^3$
Угол внутреннего трения	$\varphi = 12^\circ$
Сцепление	$C = 0,035 \text{ МПа}$

Конструктивно телескопические компенсаторы сильфонного типа состоят (рисунок 74): двух односторонних (левый и правый) компенсирующих устройств, объединенных общим корпусом – обечайкой (5) в единый блок, состоящий, в свою очередь, из двух гибких гофрообразных рабочих элементов (1), двух длинных патрубков (2), соединяемых на сварке или через фланцы с трубопроводом, двух коротких патрубков (4), соединенных на сварке с гибкими рабочими элементами и фланцами (6) обечайки и двух упорных колец (3), привариваемых к рабочим, элементам и длинным патрубкам.

Гибкие рабочие элементы – гофры изготавливаются из малоуглеродистого листового проката толщиной 2,5 - 3,0 мм холодной штамповкой полугофр в подкладном штампе.

Все остальные элементы компенсаторов – корпус (обечайка), длинные и короткие патрубки – изготавливаются из стальных бесшовных горячекатаных труб.

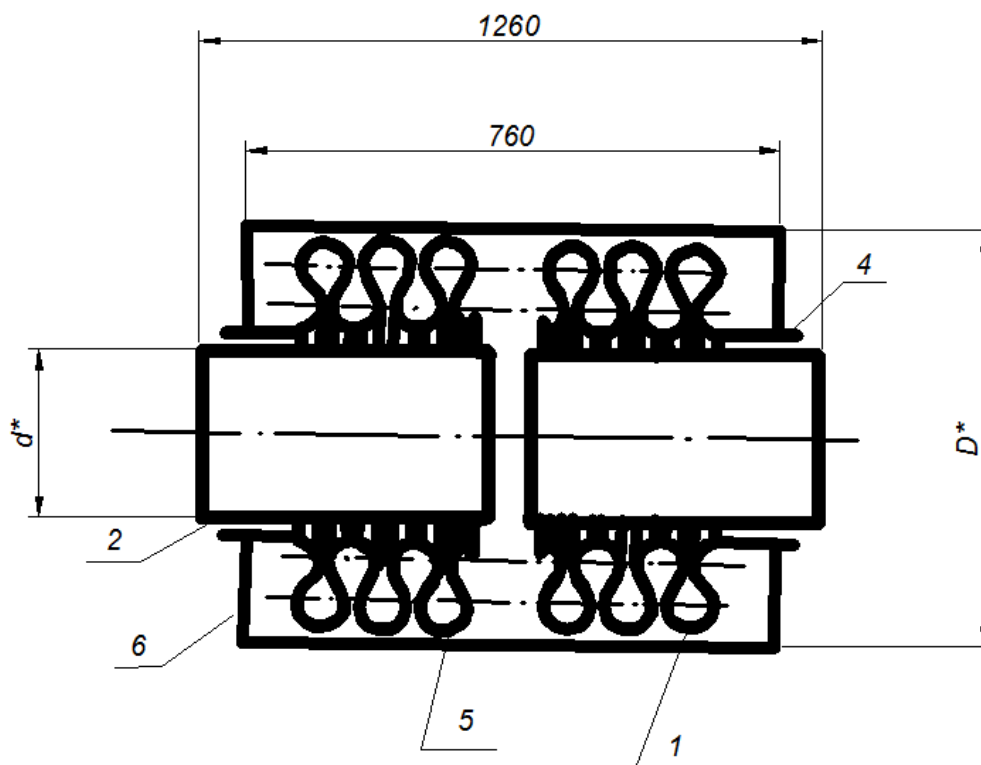


Рисунок 74 – Конструкция компенсатора телескопического типа

Предельная компенсирующая способность гофрированного элемента при количестве гофр в опытных образцах $n = 3$ составляет $120 (\pm 60)$ мм.

Снятие избыточных (более допустимых) напряжений на указанных участках газопровода предусматривается с помощью установки компенсаторов телескопического типа.

Установка компенсаторов в указанных точках газопровода будет произведена в специальных смотровых колодцах, путем вырезки катушек, равных по длине общим размерам компенсаторов, с последующей сваркой вставок с компенсаторами (приваркой шинных патрубков последних к свободным концам трубопровода).

Защита изоляционного покрытия стальных труб от механических повреждений предусматривается устройством подушки и обсыпки газопровода песком или мягким минеральным грунтом.

4.2 Расчет ожидаемых величин деформаций земной поверхности по проектируемой трассе газораспределительных сетей газопровода «СарыАрка» по городу Караганда

В соответствии с планом поверхности шахты им. Костенко и схемой газификации подрабатываемого газопровода (рисунок 75) количественная оценка деформаций произведена дифференцированно и отдельно для каждого из условно выделенных участков газопровода (рисунок 76) [61].

По трассе прохождения газопровода примерно через каждые 100 м и в поворотных местах были расставлены 20 расчетных точек.

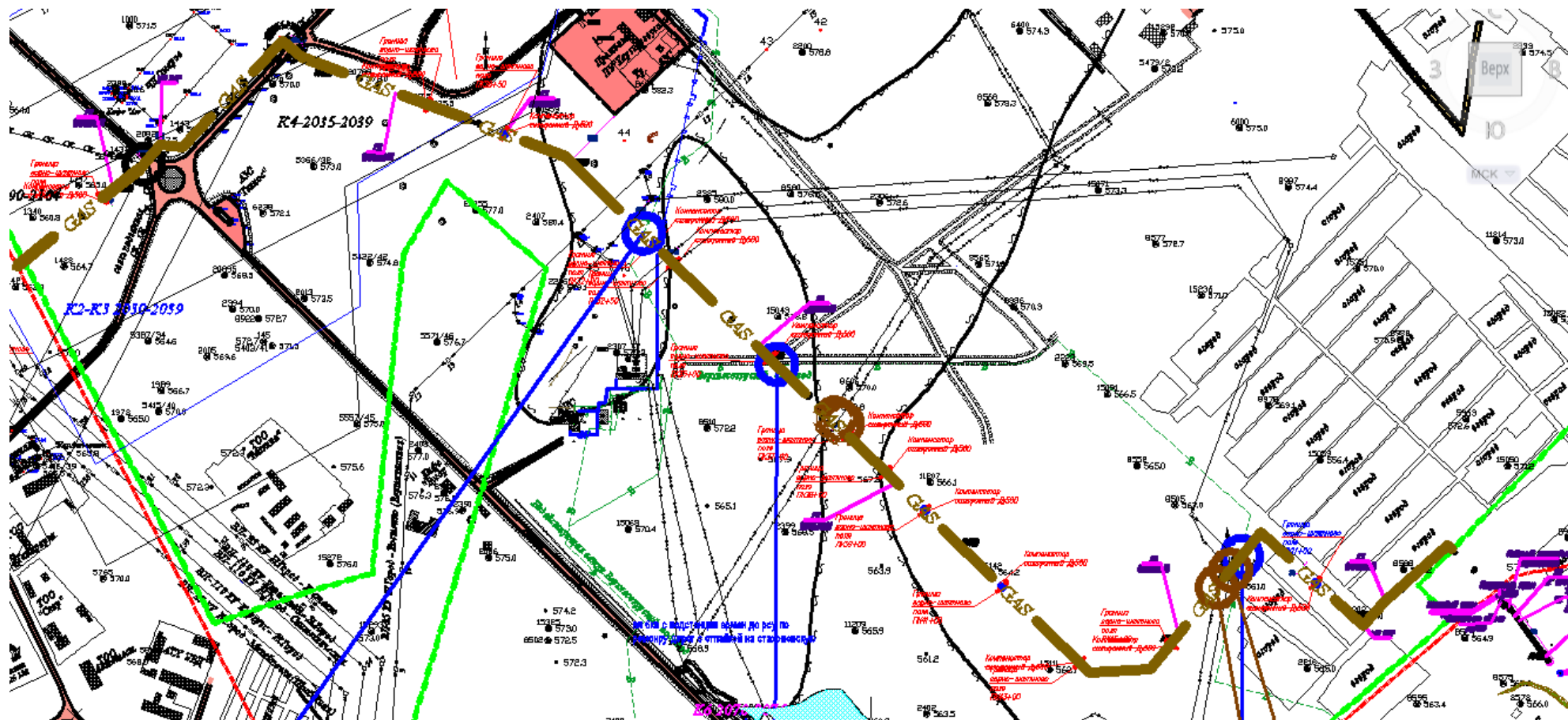


Рисунок 75 – Выкопировка с плана поверхности шахты им. Костенко с нанесением трассы газопровода на микрорайон Кунгей в пределах земельного отвода

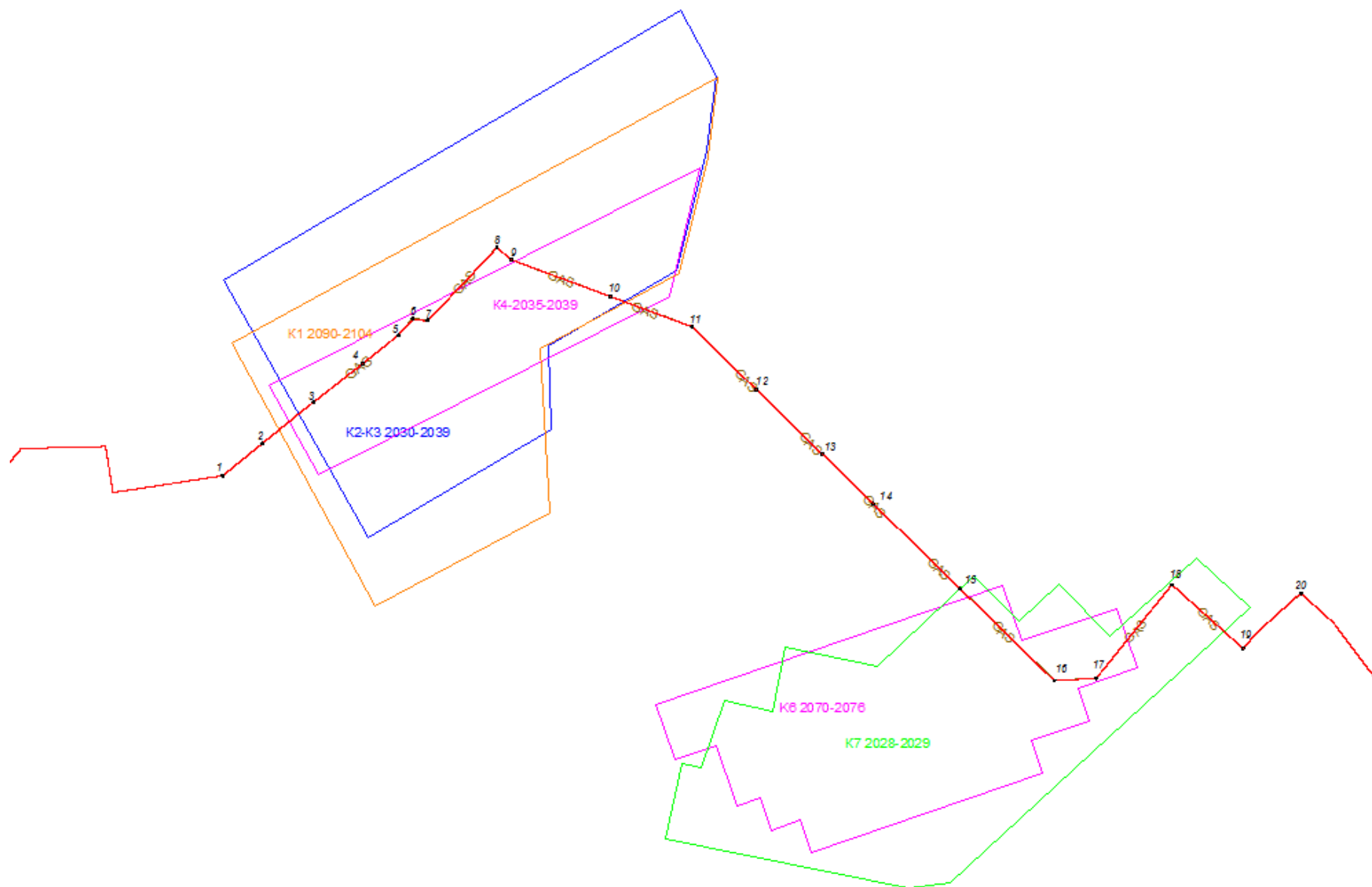


Рисунок 76 – Граница планируемой к отработке лав по пластам и расчетные точки для определения деформаций

Проектом разработки угольных пластов [62] по шахте им. Костенко, утвержденном Комитетом геологии Министерства геологии, экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, данный участок газопровода протяженностью 3492 м будет подработан горными работами по пластам К7 (рисунок 77), К6 (рисунок 78), К4 (рисунок 79), К3-К2 (рисунок 80), К1 (рисунок 81).

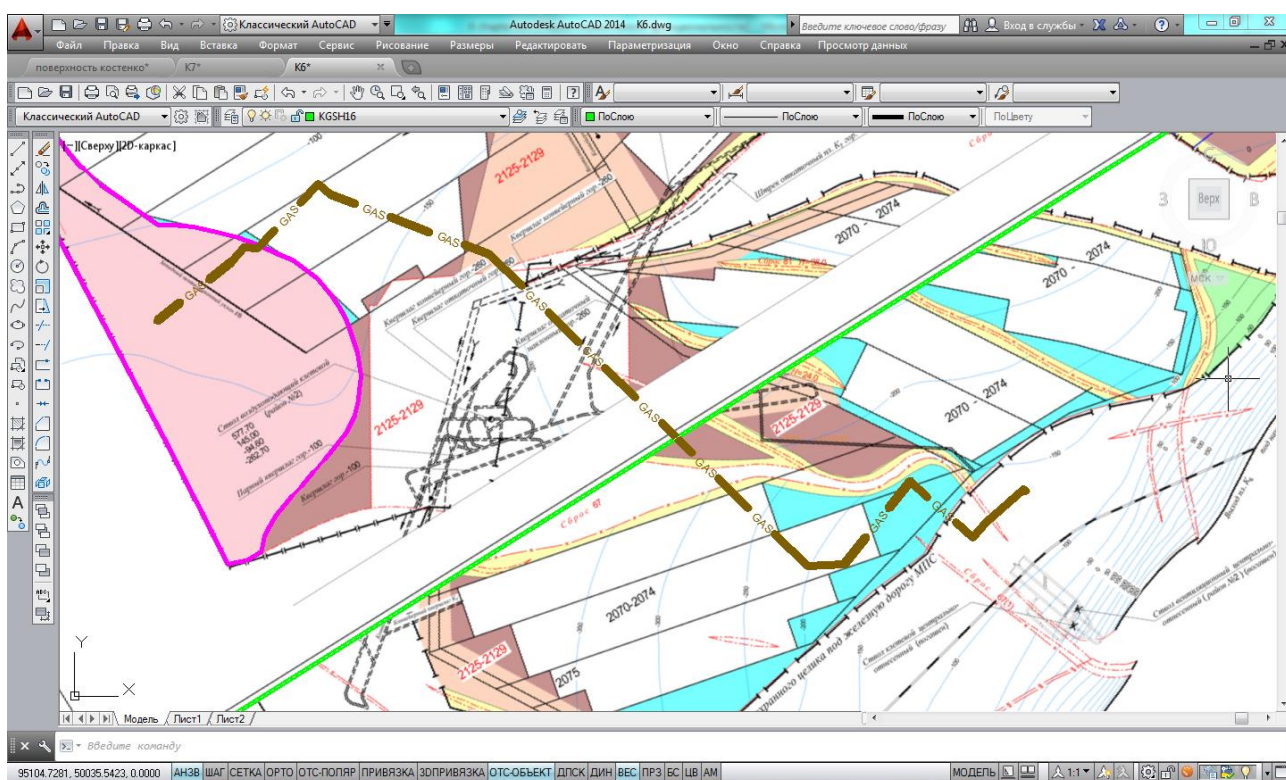
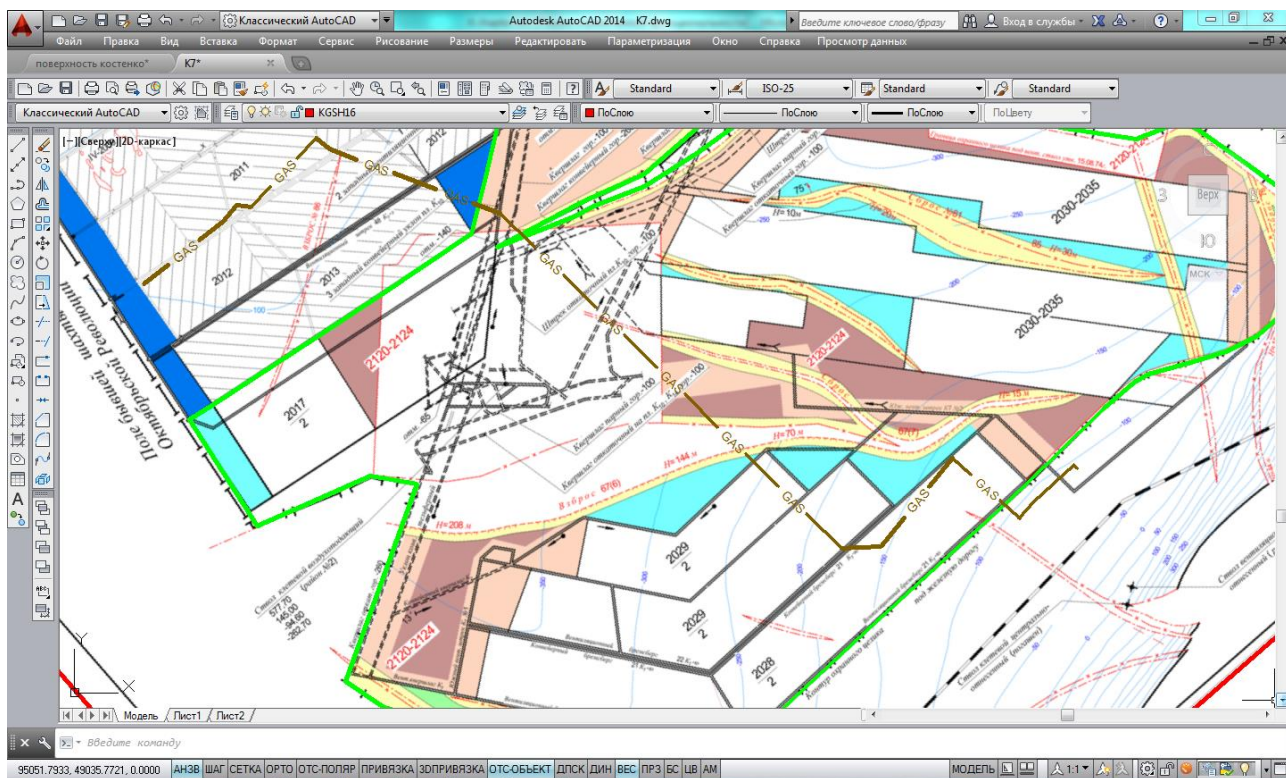
Вероятные величины оседаний, наклонов, кривизны и относительных горизонтальных деформаций земной поверхности вычисляются по формулам из «Правил ...» [11].

Горнотехнические условия отработки указанных выше лав по пластам К7, К6, К4, К3-К2, К1 районе рассматриваемого газопровода характеризуются данными, представленными в таблице 27:

Таблица 27 – Горнотехнические условия отработки

№ п/п	№ точек на газопроводе	Индекс пластов, планируемых к отработке	Средняя глубина залегания, м	Мощность пласта, м
1	2	К1	817	4,75
2	3-7	К4	712	1,1
		К3-К2	770	10,5
		К1	810	4,75
3	8-9	К3-К2	762	10,3
		К1	805	4,75
4	10	К4	709	1,2
		К3-К2	759	10,4
		К1	805	4,75
5	15-17	К7	698	1,64
		К6	730	3,3
6	18-19	К7	726	1,7

Ожидаемые в пределах каждого из выделенных участков максимальные сдвиги и деформации земной поверхности по трассе проектируемых газораспределительных сетей от совместного влияния отработки лав по пластам К7, К4, К3-К2, К1 представлены по результатам произведенного расчета в таблице 28.



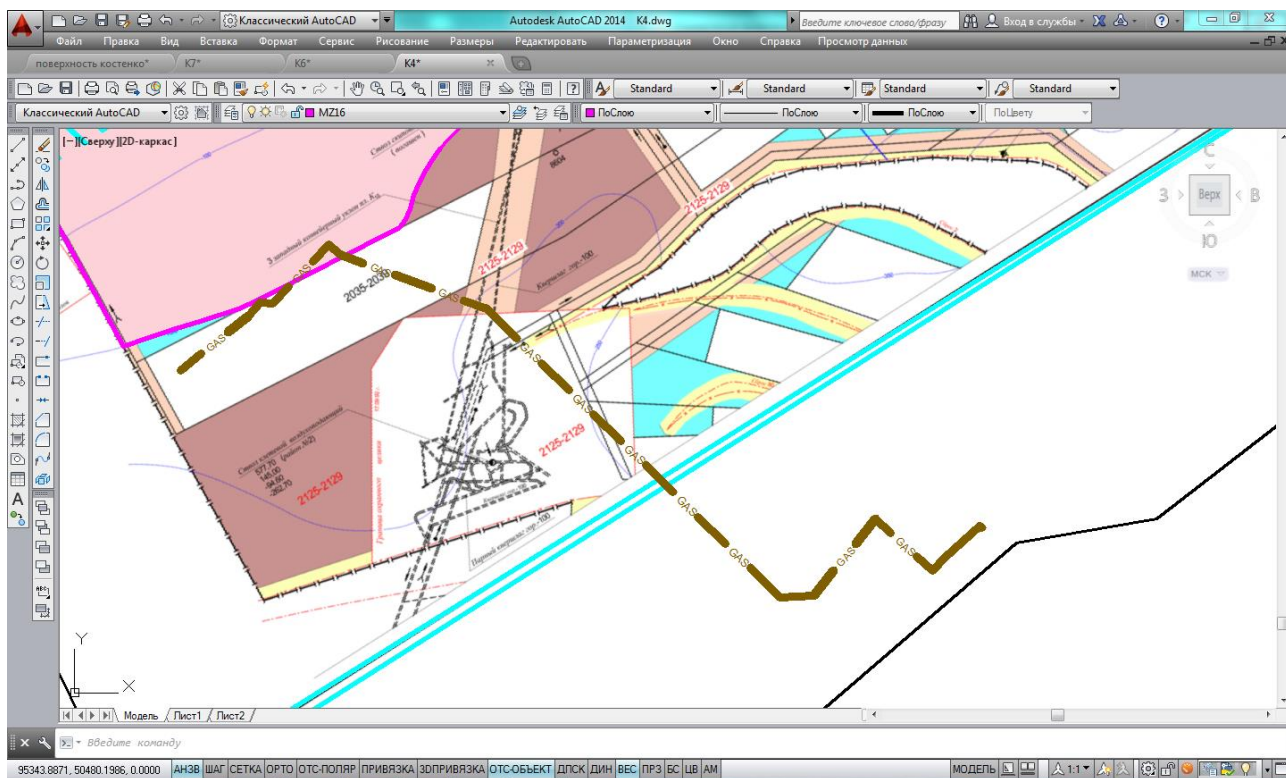


Рисунок 79 – Выкопировка с плана горных работ по пласту K4

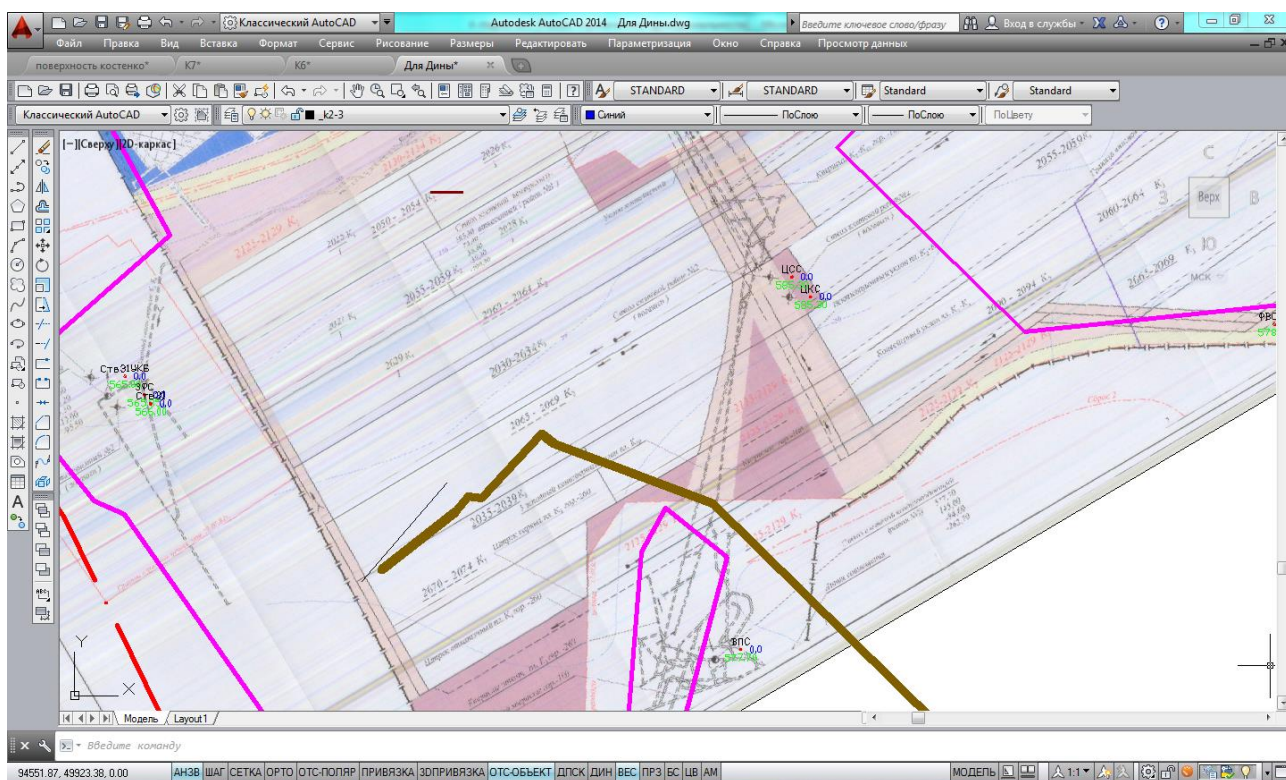


Рисунок 80 – Выкопировка с плана горных работ по пласту K2-K3

Согласно таблице 28 максимальные значения оседаний земной поверхности ожидаются в диапазоне расчетных точек с 8 по 9, а именно около 9 м.

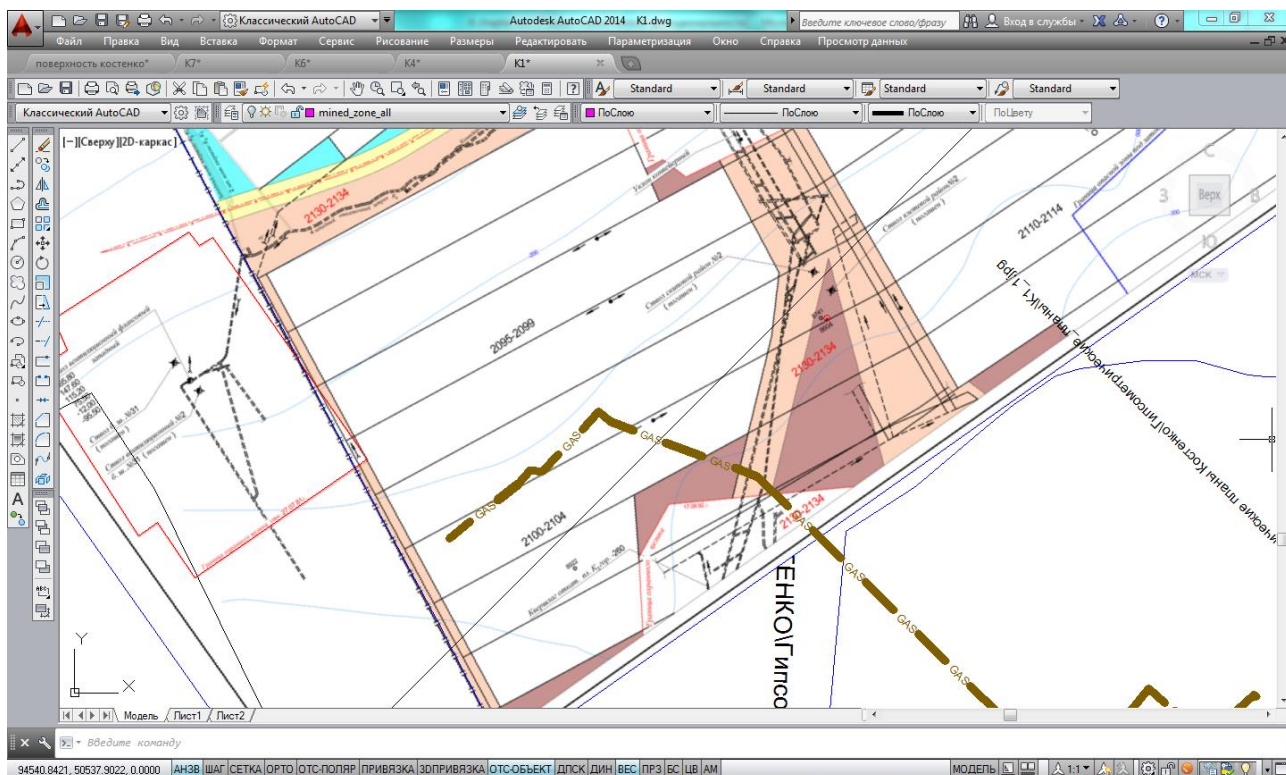


Рисунок 81 – Выкопировка с плана горных работ по пласту K1

Таблица 28 – Величины ожидаемых деформаций земной поверхности по трассе проектируемого газопровода «СарыАрка»

№ точек	Оседания, мм	Наклон, 1×10^{-3}	Кривизна, $10 \times 10^{-3} \text{ 1/м}$	Относительная горизонтальная деформация, 1×10^{-3}
1	22	0,485	0,401	0,84
2	618	3,255	0,799	2,64
3	1465	4,642	1,002	1,79
4	4844	5,011	0,901	-1,76
5	6599	2,955	0,798	-2,40
6	7894	1,398	0,741	-2,06
7	7912	1,402	0,737	-2,11
8	8902	-0,382	0,697	-0,25
9	8967	0,275	-0,684	-0,13
10	9009	-0,598	-0,628	-0,91
11	6916	-2,850	-0,710	-1,95
12	2134	-8,123	-0,833	-1,40
13	789	-8,218	-0,615	2,55
14	1235	-2,708	-0,387	2,39
15	1260	-0,801	-0,976	0,06
16	296	-0,023	-1,062	-0,17
17	202	-0,966	-1,060	-0,27
18	303	-0,020	-1,059	-0,18
19	118	-1,935	-1,006	0,06
20	45	-1,762	-0,950	0,50

4.3 Применение разработанной технологической схемы с частичной закладкой выработанного пространства при отработке лавы по пласту К7 под газопроводом. Расчет ожидаемых величин деформаций на основе разработанной методики

Согласно Проекту разработки угольных пластов по шахте им. Костенко, утвержденному Комитетом геологии Министерства геологии, экологии и природных ресурсов Республики Казахстан, в ближайшее время участок газораспределительных сетей по городу Караганда будет подработан в 2028 году при отработке лавы по пласту К7 (рисунок 82).

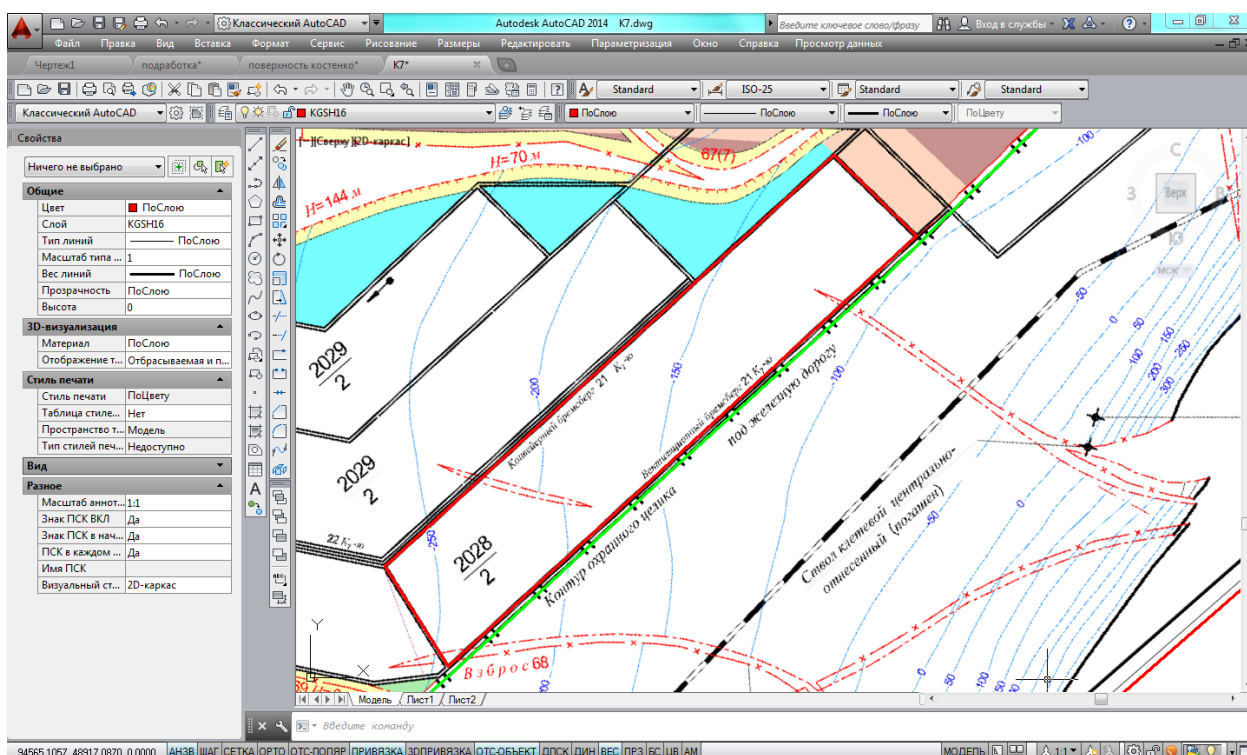


Рисунок 82 – Выкопировка с плана горных работ по пласту К7

При изучении планов горных работ предыдущих лет было выявлено, что данный район был ранее многократно подработан горными работами по пластам К18, К14, К13, К12.

На основании методики из главы 3 данной диссертационной работы была выполнена аналогичная последовательность действий для моделирования условий подработки и расчета ожидаемых деформаций земной поверхности для данной лавы.

Массив горных пород был построен по разрезу геологоразведочной скважины №8977 (рисунок 83), расположенной внутри данной лавы.

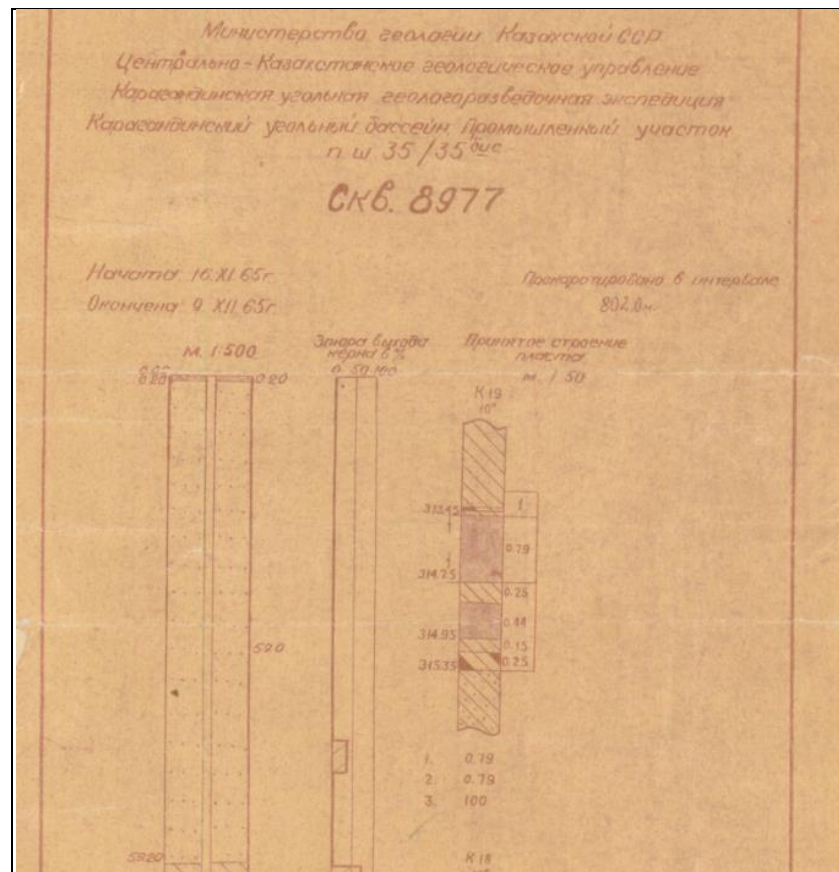


Рисунок 83 – Разрез по скважине №8977

Далее геологические интервалы горных пород и пластов были оцифрованы в AutoCAD (рисунок 84) и в формате dxf перенесены в Phase (рисунок 85).

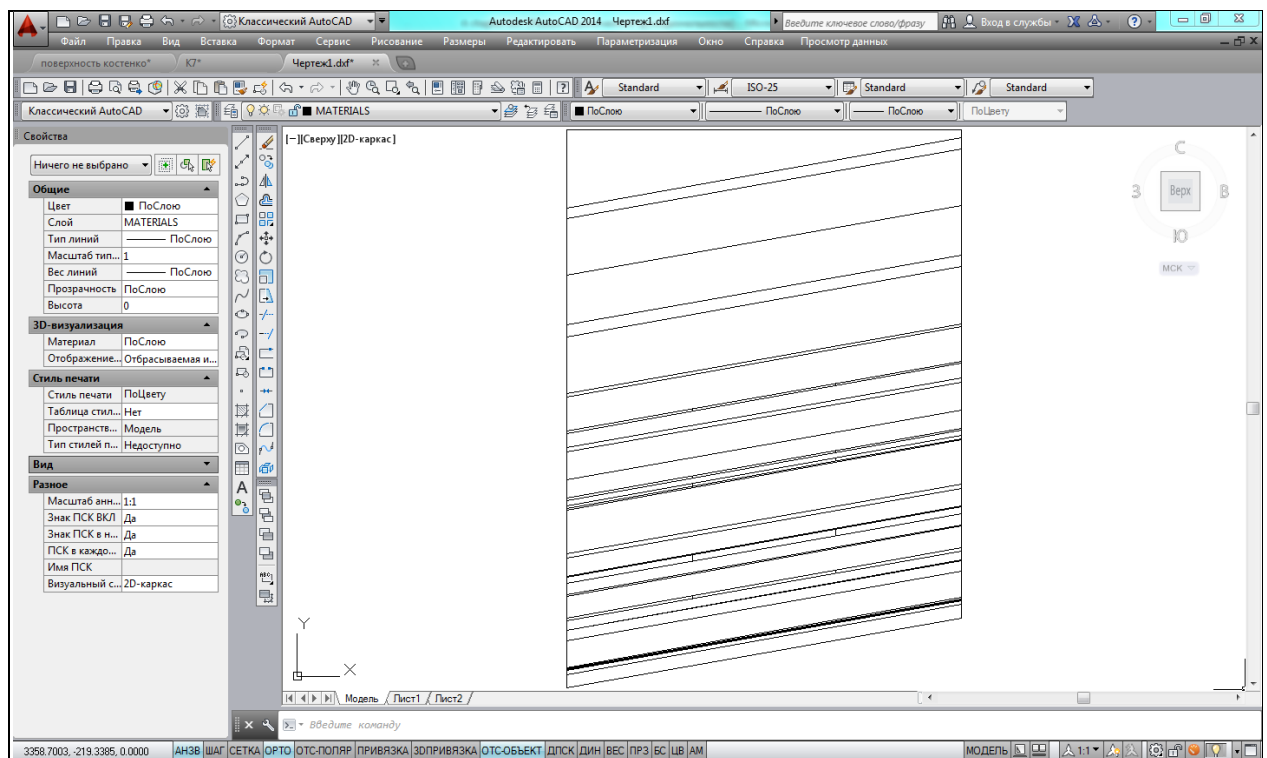


Рисунок 84 – Разрез по скважине

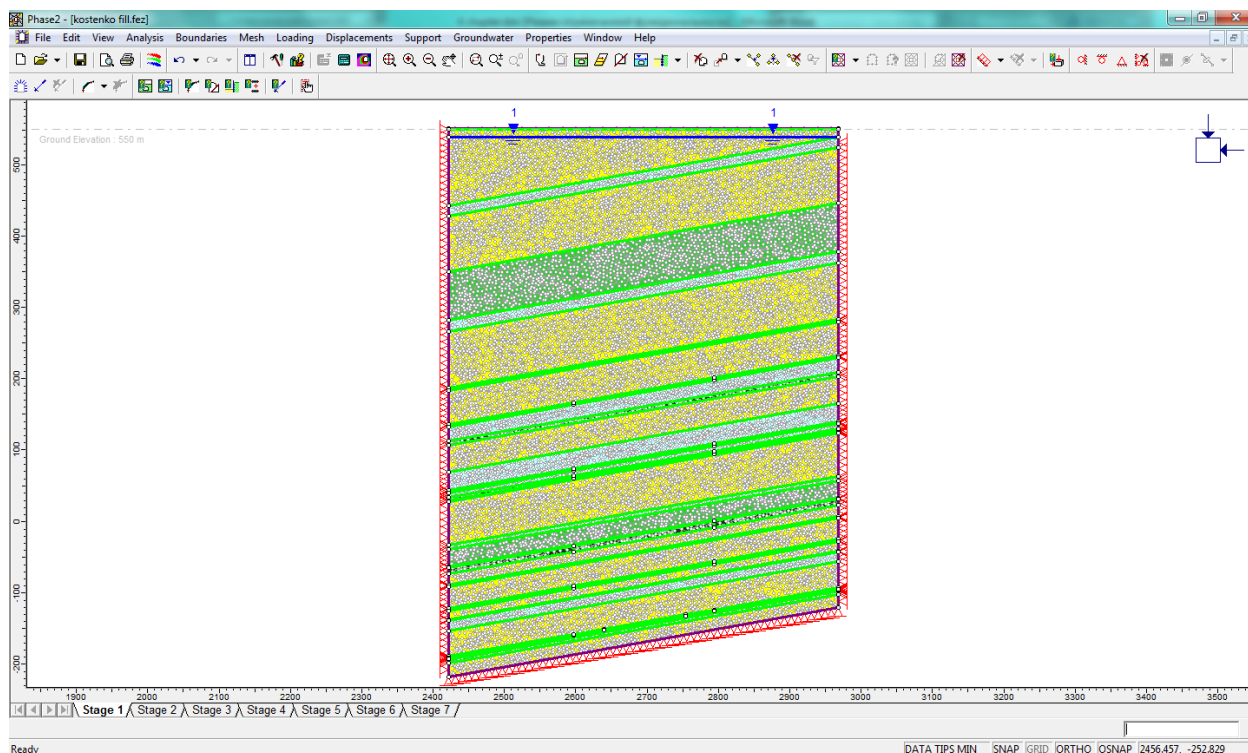


Рисунок 85 – Моделирование исследуемого участка в Phase

Проект по моделированию данного участка был разделен на 7 стадий (таблица 29).

Таблица 29 – Описание стадий моделирования

Номер стадии	Характеристика отработанного участка
Стадия 1	Лава по пласту K18, 1971-1972 гг. – полное обрушение
Стадия 2	Лава по пласту K14, 1975-1979 гг. – полное обрушение
Стадия 3	Лава по пласту K13, 1977, 1987 гг. – полное обрушение
Стадия 4	Лава по пласту K12, 1990 гг. – полное обрушение
Стадия 5	Лава по пласту K12, 1991 гг. – полное обрушение
Стадия 6	Лава по пласту K7, планируется к отработке
Стадия 7	Лава по пласту K7 с частичной закладкой выработанного пространства [63]

После присвоения каждому интервалу геологической породы с заданными физико-механическими свойствами массив был разбит на сетку треугольников, заданы граничные условия (рисунок 86) и был произведен расчет.

Интерпретация построенной конечно-элементной модели дала возможность получить график изменения горизонтальных суммарных (рисунок 87) деформаций от стадии 1 к стадии 7.

Конечно-элементная модель содержит в себе сетку из 9529 треугольников.

В качестве закладочного материала была выбрана смесь аргиллита с песчаником [64].

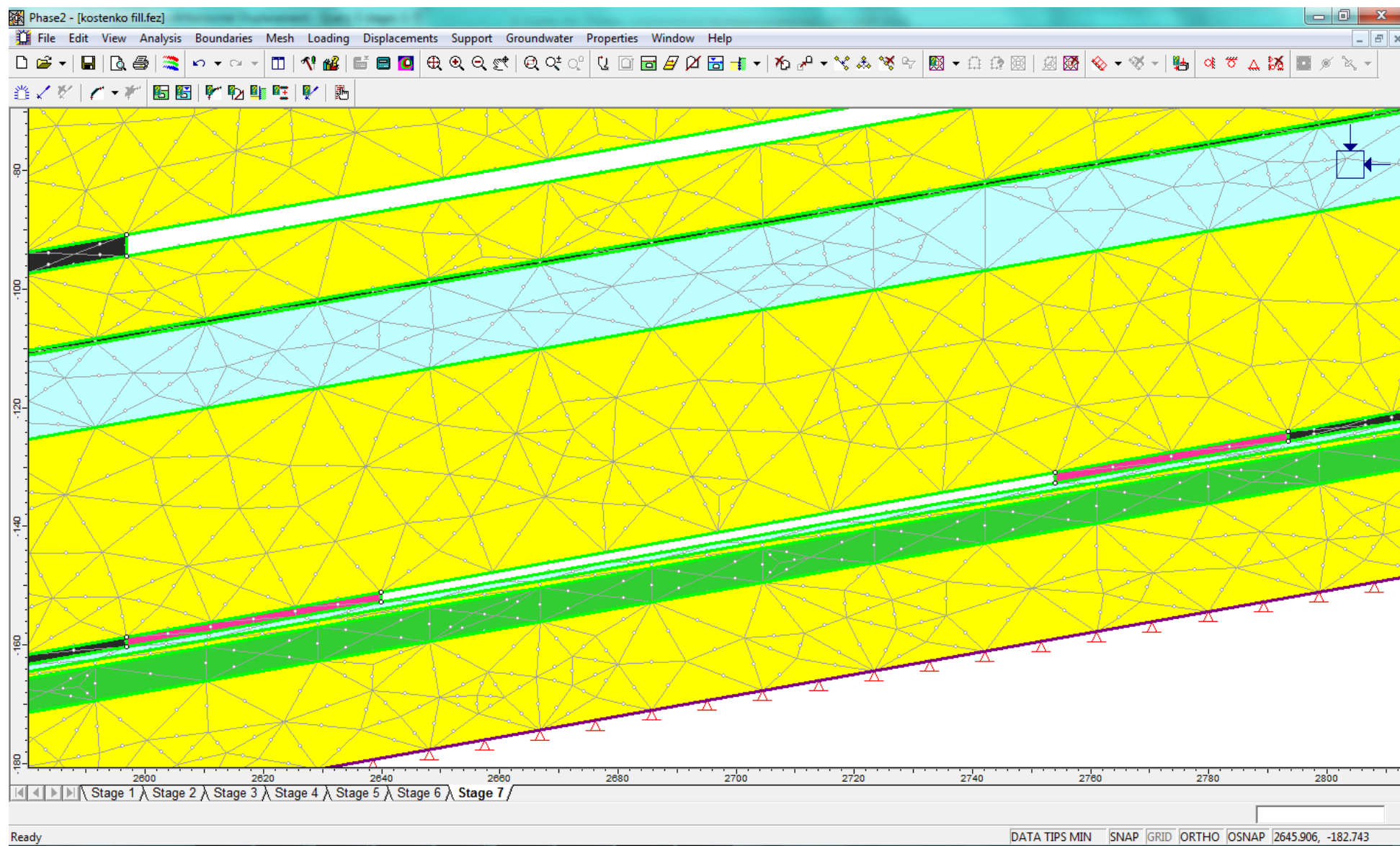


Рисунок 86 – Разрез по лаве пласта K7 с частичной закладкой выработанного пространства

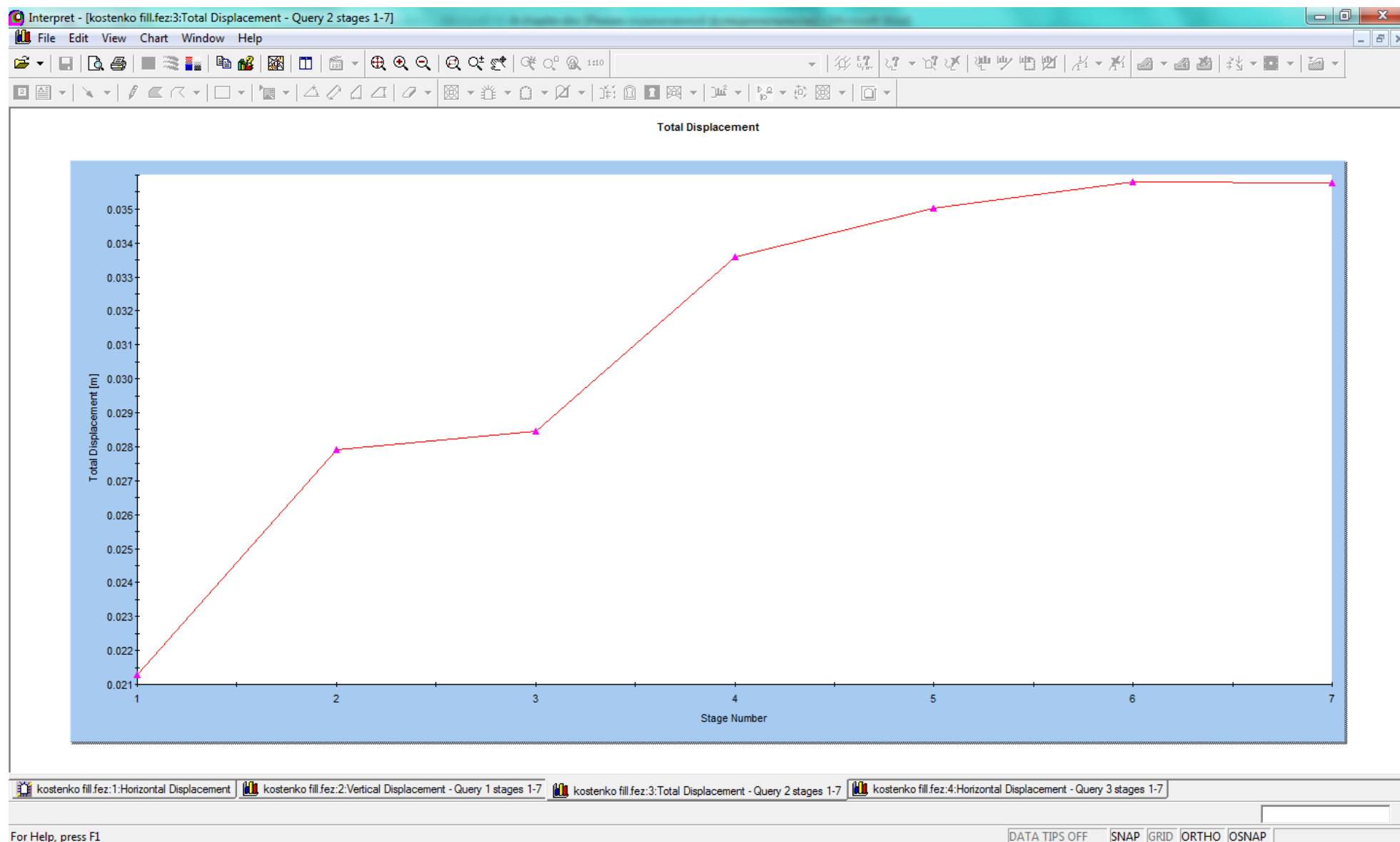


Рисунок 87 – График изменения суммарных деформаций в районе газопровода от стадии 1 к стадии 7

4.4 Расчет предполагаемых затрат при ведении горных работ с использованием разработанной технологической схемы с частичной закладкой выработанного пространства

При проектировании новой технологической схемы [65] за базовый следует принимать вариант, отражающий технический уровень, достигнутый к настоящему времени на передовых действующих шахтах в аналогичных горнотехнических условиях. При модернизации технологического процесса с внедрением комплексной механизации и автоматизации за базовый следует принимать вариант, отражающий технический уровень производства до осуществления комплексной механизации и автоматизации производственных процессов. В базовом и сравниваемом вариантах принимаются единые нормы выработки, тарифные ставки и средний уровень заработной платы рабочих, если их изменения не связаны непосредственно с комплексной механизацией и автоматизацией. Основным показателем сравнительной экономической эффективности [66] новой технологической схемы являются приведенные затраты в расчете на годовую добычу или на 1 тонну угля базовой схемы.

Для расчета затрат на производство горных работ с частичной закладкой выработанного пространства [67] на участке подработки газопровода «СарыАрка» на шахте им. Костенко была выбрана лава [68] по пласту «Замечательный» К7 (рисунок 88).

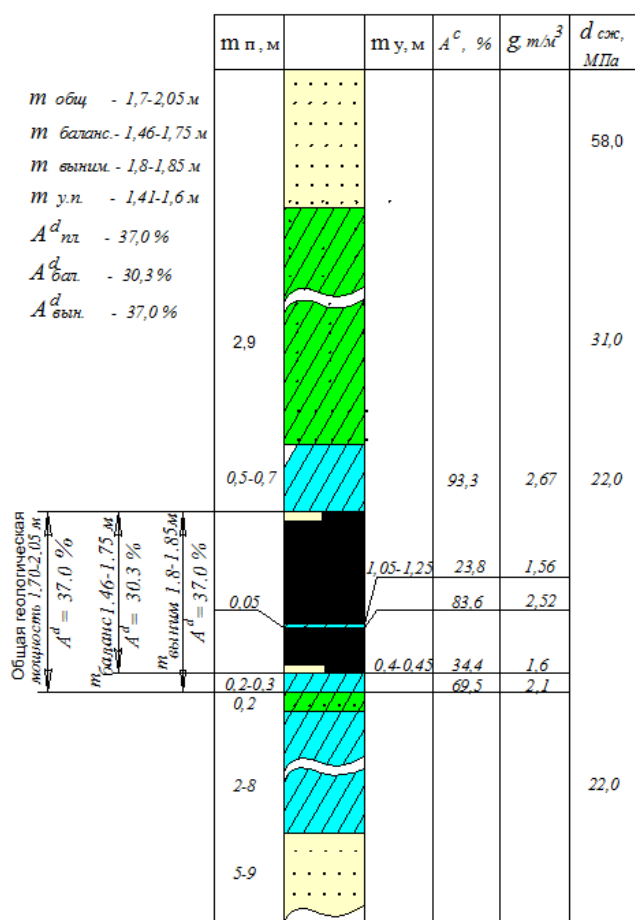


Рисунок 88 – Структурная колонка пласта К7

С целью подсчета горной массы по данной лаве в программе Surpac была построена геологическая модель пласта K7 по данным геологоразведочных скважин, разрезам по разведочным линиям [69] и имеющимся данным по результатам уже проведенных горных работ [70] по данному пласту. Для возможности подсчета объема и корректности получаемых данных из каркасной модели по пласту K7 были исключены участки с геологическими нарушениями [71] (рисунок 89).

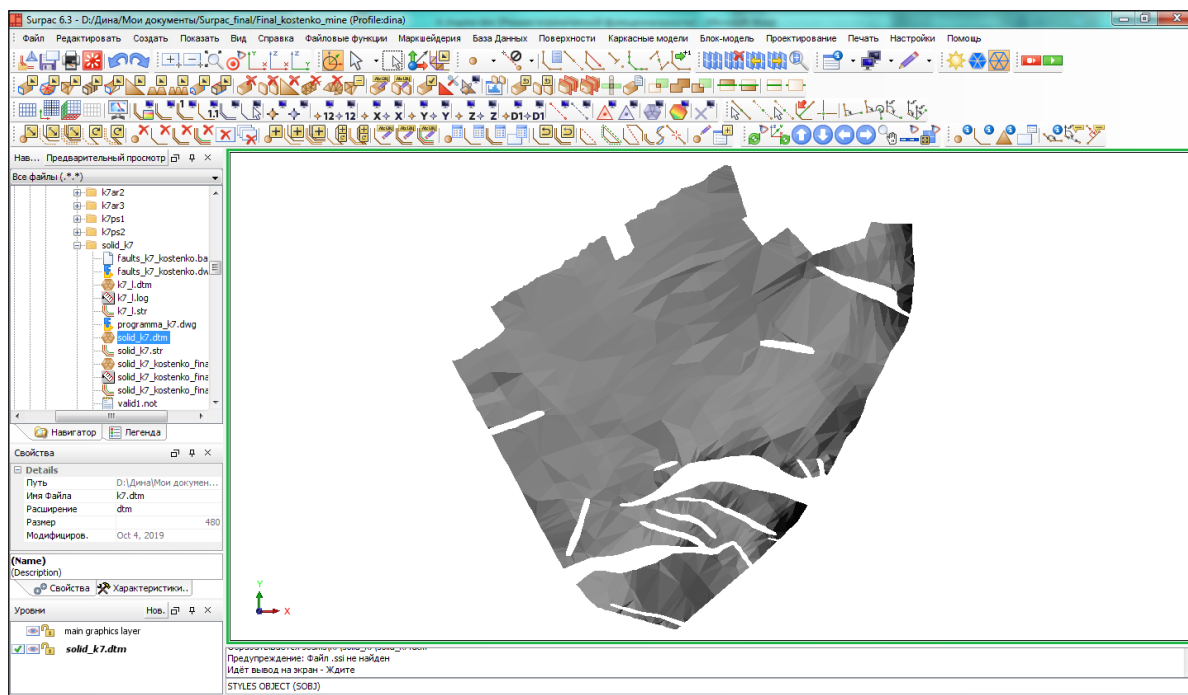


Рисунок 89 – Геологическая модель пласта K7

Далее была построена объемная модель по контуру будущей лавы (рисунок 90).

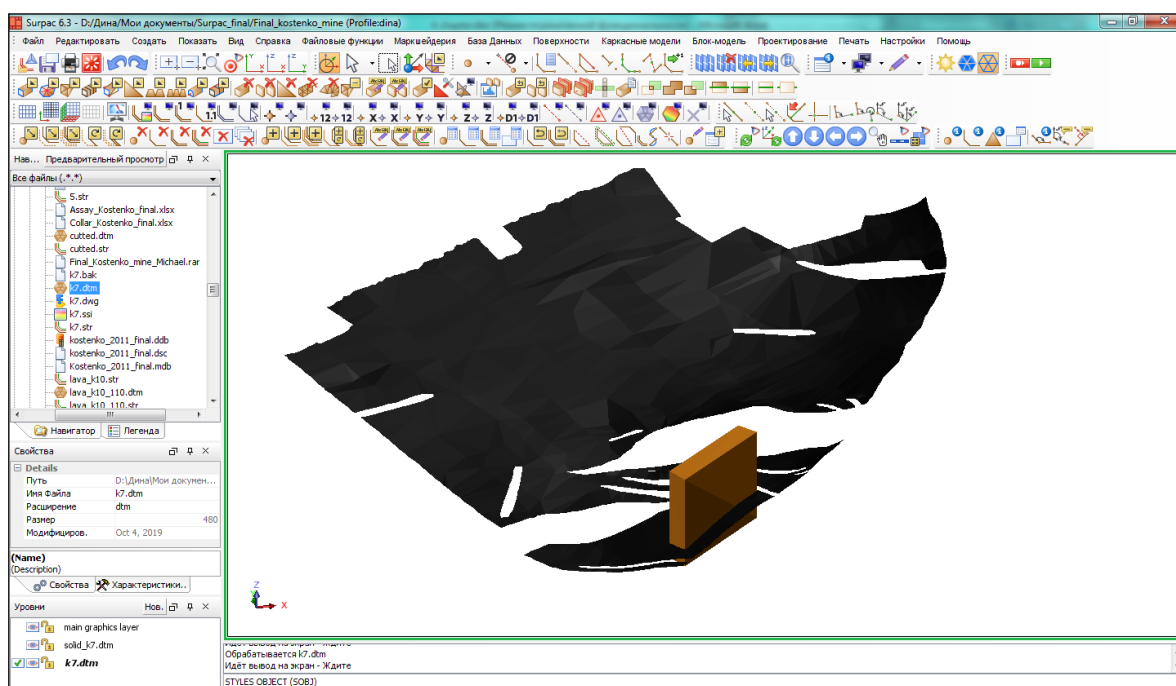


Рисунок 90 – Модель пласта с объемной моделью контура лавы

На следующем этапе модель пласта была усечена моделью по контуру планируемой лавы и была получена объемная модель лавы с характерными для пласта К7 изогипсами [72] в данном районе (рисунок 91).

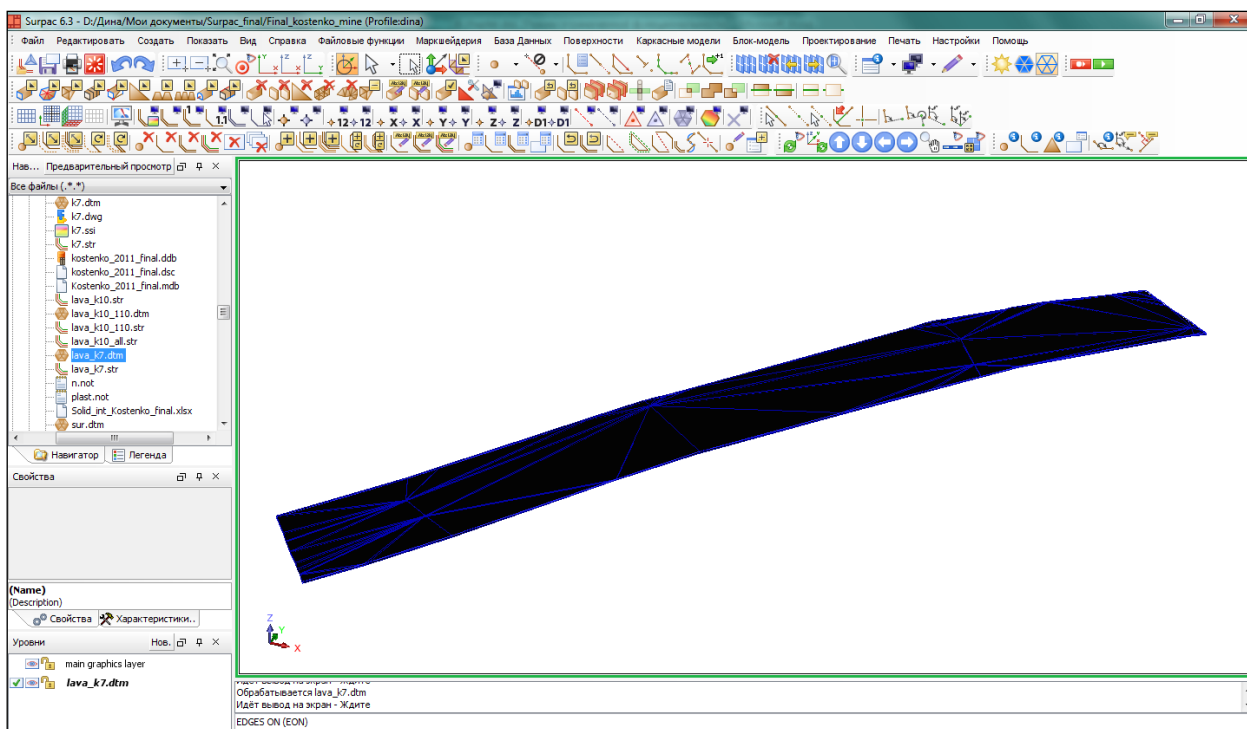


Рисунок 91 – Геологическая модель лавы по пласту К7

Для подсчета объемов горной массы была получена справка по построенной модели по лаве (рисунок 92).

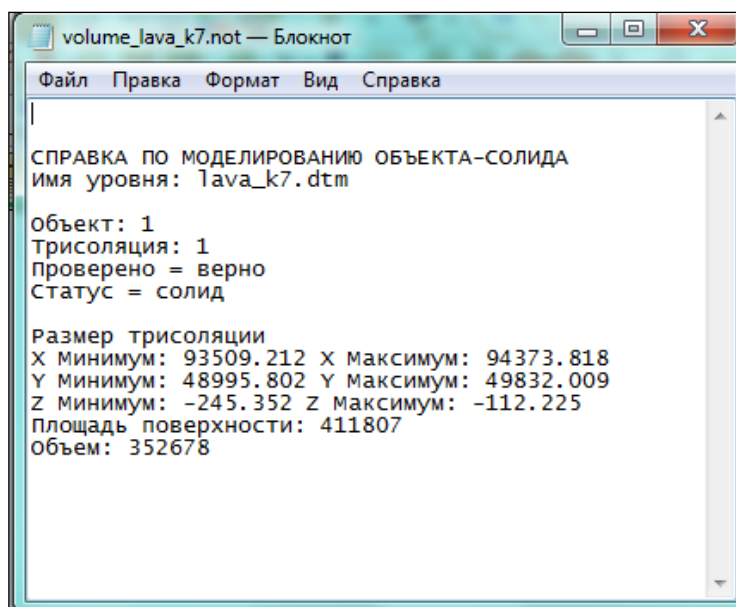


Рисунок 92 – Справка по объемам каркасной модели из Surpac

Из справки видно, что объем горной массы – 352678 м^3 . При этом удельный вес пласта К7 составляет $1,64 \text{ т/м}^3$.

Соответственно можно вычислить общий выход горной массы из данной лавы:

$$352678 \times 1,64 = 579391 \text{ т.}$$

Объем закладочного материала при закладке по краевым частям лавы будет составлять $352678/5 \times 2 = 141071,2 \text{ м}^3$.

Так как в настоящее время работы по закладке выработанного пространства на шахтах Карагандинского угольного бассейна не ведутся для расчета экономической эффективности предлагаемой технологической схемы были использованы данные из Проекта «Закладочного гидрокомплекса для выемки пласта K18 из охранного целика под машзаводом №1» бывшей шахтой им. 50-летия Октябрьской революции. В качестве закладочного материала была использована порода, полученная после обогащения угля обогатительной фабрикой №38, что схоже с предлагаемым в диссертационной работе закладочного материала – смеси песчаника с аргиллитом.

В затраты по ведению горных работ с закладкой выработанного пространства были включены следующие расходы (таблица 30) [73]:

Таблица 30 – Сумма затрат на 1973 год

Наименование расходов	Затраты, тысяч рублей
Фонд заработной платы	72
Капитальные вложения, в том числе:	
– горные работы	107,34
– строительные работы	2,97
– монтажные работы	261,33
– оборудование	78,77
– прочие затраты	30,99
На материалы:	
– лес крепежный	31,62
– затяжка (пиломатериал)	9,75
– полиэтиленовая пленка	0,45
На электроэнергию	68,14
Амортизация:	
– горные работы	3,73
– строительные работы	0,07
– оборудование и монтаж	37,03

При этом себестоимость 1 м^3 закладочного материала составляла 2,06 рублей, затраты на 1 тонну угля, при коэффициенте заполнения, равном $0,63 \text{ м}^3/\text{т}$ – 1,3 рубля.

В технологический цикл [74] по выемке угля и гидрозакладке выработанного пространства включались следующие операции:

- выемка двух стружек угля и крепление лавы;
- подготовка выработанного пространства лавы к закладке;

- намыв закладочного массива;
- концевые операции по зарубке комбайна на новый цикл;
- подготовка ниш;
- устройство водоупорных перемычек в призабойном илосборнике;
- укорачивание магистрального трубопровода и наращивание дренажного трубопровода.

Режим работы поддерживался следующий:

- число смен по добыче угля и закладке – 3;
- продолжительность смен – 6 часов;
- ежесуточный ремонт – 6 часов;
- организация работы в лаве – сквозная комплексная бригада в 4 звена.

Приведенные затраты представляют собой сумму годовых эксплуатационных затрат и капитальных вложений, приведенных к одинаковой размерности с помощью нормативного коэффициента сравнительной эффективности дополнительных капитальных вложений на новую технологическую схему [75]:

$$З = C + E_n K, (1)$$

где C – годовые эксплуатационные затраты (или себестоимость [76] 1 тонны угля) по сравнительному варианту, тенге; E_n – нормативный коэффициент сравнительной эффективности дополнительных капитальных вложений ($E_n=0,2$ для техники, $E_n=0,12$ для горных выработок и других сооружений); K – годовые (или на 1 тонну готовой добычи) капитальные вложения по сравнительному варианту, тенге.

Планируемая (фактическая) экономия капитальных вложений на расчетный год внедрения новой технологии рассчитывается по формуле:

$$\Delta K_t = (K_1 \frac{B_2}{B_1} - K_2) A_2, (5)$$

где B_1 и B_2 – годовые объемы добычи угля соответственно при сравниваемом и базовом вариантах, тонн.

Сроки окупаемости капитальных вложений в новую технологию T и дополнительных капитальных вложений T' рассчитываются по формулам:

$$T = \frac{K_2}{\Pi_t}, (6)$$

$$T' = \frac{K_{доп}}{\Delta \Pi_t},$$

где K_2 и $K_{доп}$ – соответственно планируемые и дополнительные капитальные вложения в новую технологию, тенге; Π_t и $\Delta \Pi_t$ – планируемая (абсолютная) и дополнительная (по сравнению с базовой технологией) прибыль от реализации годового объема продукции, произведенного по новой технологии, на планируемый t -й год производства, тенге.

При определении эксплуатационных и капитальных затрат по перечисленным выше процессам можно использовать расчетный метод, базирующийся на применении утвержденных амортизационных отчислений, норм расхода материалов, норм выработки тарифных ставок и т.п., и статистический метод, основанный на использовании разработанных ранее статистических формул для расчета затрат (стоимостных параметров), который применяется в основном на стадии проектирования при выборе экономически целесообразных технологических схем [77].

При определении фактического экономического эффекта от внедрения прогрессивных технологических схем необходимо принимать достаточно представительные показатели отчетных калькуляций и сводного учета затрат на период не менее 3 месяцев (по очистному забою) и не менее полугода (по шахте в целом) после внедрения технологических схем.

Для комплексной оценки технических мероприятия по совершенствованию технологических схем используется также ряд дополнительных показателей эффективности (производительности труда, качество угля, потери запасов угля и др.), которые выражаются в натуральных единицах.

За июль 2019 года затраты на 1 тонну добычи угля по шахте им. Костенко составили 1 075 680 тенге.

При пересчете затрат на ведение горных работ с закладкой выработанного пространства на цены 2019 года получены следующие значения, приведенные в таблице 31:

Таблица 31 – Расчет предполагаемых затрат

Наименование расходов	Затраты, \$	Затраты, тенге
Фонд заработной платы	83720,93	31813953,49
Капитальные вложения, в том числе:		
– горные работы	124813,95	47429302,33
– строительные работы	3453,49	1312325,58
– монтажные работы	303872,09	115471395,35
– оборудование	91593,02	34805348,84
– прочие затраты	36034,88	13693255,81
На материалы:		
– лес крепежный	36767,44	13971627,91
– затяжка (пиломатериал)	11337,21	4308139,53
– полиэтиленовая пленка	523,26	198837,21
На электроэнергию	79232,56	30108372,09
Амортизация:		
– горные работы	4337,21	1648139,53
– строительные работы	81,40	30930,23
– оборудование и монтаж	43058,14	16362093,02
Итого	47476,74	311153720,93

Следовательно, затраты на 1 тонну добытого угля с закладкой выработанного пространства на основе разработанной технологической схемы составляют 1 081 049 тенге.

Выводы по главе 4

Участки трассы проектируемого магистрального газопровода «СарыАрка» и газораспределительных сетей [78] по городу Караганда общей протяженностью более 3 км проходят в пределах горных и земельных отводов шахт им. Костенко, им. Кузембаева, «Саранская» УД АО «АрселорМиттал Темиртау».

Конструктивными мерами охраны газопровода предусмотрено использование П-образных телескопических сильфонных компенсаторов в местах, где ожидаемые сдвигения земной поверхности после подработки будут достигать больших величин.

По результатам построенной по разработанной в работе методике была построена конечно-элементная модель напряженно деформированного состояния массива горных работ [79] в районе подработки газопровода горными работами по пласту К7, запланированным на 2028 год. Основываясь на предлагаемой в работе технологии частичной закладки выработанного пространства, был произведен расчет ожидаемых вертикальных, горизонтальных и суммарных деформаций земной поверхности [80].

Для подсчета объема вынимаемой горной массы по результатам геологоразведочных скважин построена трехмерная модель пласта К7 и близлежащих горных пород шахты. Трехмерная модель позволила также определить объем закладочного материала по разработанной методике частичной закладки. На основе полученных данных произведен расчет затрат на ведение горных работ с разработанной технологической схемой частичной закладки выработанного пространства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе проведены научно-методические и экспериментальные исследования по разработке эффективных технологических схем отработки угольных пластов под охраняемыми объектами на земной поверхности.

Основные выводы и практические результаты исследования:

1. Разработана методика построения конечно-элементной модели напряженно-деформированного состояния горных пород с использованием фактических данных физико-механических свойств горных пород.

2. Построенная дискретная конечно-элементная математическая модель процесса сдвижения горных пород при последовательной разработке свиты угольных пластов в условиях шахты им. Костенко позволяет определять величины и направление сдвижений земной поверхности.

3. Предложенная методика производства маркшейдерско-геодезических измерений с использованием GPS технологий на пунктах малой геодезической сети для исследования сдвижений земной поверхности позволила с высокой степенью точности определить параметры процесса сдвижений и может служить основой для организации геодезического мониторинга на территории всех шахт, находящихся в Карагандинском угольном бассейне.

4. Достоверность полученной конечно-элементной модели процесса сдвижения горных пород и земной поверхности подтверждается результатами натурных маркшейдерско-геодезических измерений на земной поверхности.

5. В качестве технологического решения для сохранности поверхностных объектов разработаны технологические схемы отработки угольных пластов с частичной закладкой выработанного пространства с возведением двух закладочных полос по 40 м вдоль конвейерного и вентиляционного штреков, а также трех закладочных полос с дополнительной закладочной полосой шириной 40 м в центральной части лавы. В качестве закладочного материала предложено использовать породы из выработанного пространства.

6. Исследования влияния параметров разработанных технологических схем отработки с использованием построенной конечно-элементной модели массива горных пород показали, что нет необходимости дополнительного возведения третьей закладочной полосы шириной 40 м в центральной части лавы, так как деформации на земной поверхности имеют такие же значения, как и при возведении лишь двух закладочных полос.

7. Разработанный алгоритм работы компьютерной программы на языке программирования Python позволяет определить возможные меры защиты подрабатываемых объектов в условиях Карагандинского угольного бассейна.

8. Проведенный по разработанной в диссертации методике расчет ожидаемых деформаций земной поверхности в районе проведения газопровода «СарыАрка» показал, что ведение горных работ на основе разработанной технологической схемы отработки угольных пластов с частичной закладкой выработанного пространства позволит избежать повреждений газопровода и обеспечить его безопасную работу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Некрасовский Я.Э., Колоколов О.В. Основы технологии горного производства. – М.: Недра, 1981. – с. 8-16.
2. Бурчаков А.С., Гринько Н.К., Ковальчук А.Б. Технология подземной разработки пластовых месторождения полезных ископаемых. – М.: Недра, 1978. – с. 24-25.
3. Головач А.А., Куптель Г.А., Яцковец А.И. Физика горных пород. – Минск, 2013. – с. 70.
4. Бурчаков А.С., Малкин А.С. Проектирование предприятий с подземным способом добычи полезных ископаемых. – М.: Недра, 1991. – с. 47.
5. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. – М.: Недра, 1984. – с. 10-42.
6. Большаков В.Д., Левчук Г.П. Справочник геодезиста. – М.: Недра, 1985. – с. 334.
7. [Электронный ресурс] <https://news.rambler.ru/ukraine/40655124-dobycha-uglya-top-10-dobyvayuschih-stran-mira/>
8. [Электронный ресурс] <https://sk.kz/about-fund/otchety-i-plany/>
9. Дрижд Н.А., Баймухаметов С.К., Тоблер В.А., Сагинов А.С. Карагандинский угольный бассейн. Справочник. – М.: Недра, 1981. – с. 10-48.
10. Шагалов С.Е., Муллер Р.А., Марков В.В., Решетов Г.А., Клещев П.Е. Защита и подработка зданий и сооружений. – М.: Недра, 1981. – с. 73-100.
11. Болучевский В.И., Ведяшкин А.С., Гадымба И.М., Клещев П.Е., Ли Р.В., Магрупов С.К., Элиманов К.К. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок в Карагандинском бассейне. – КазНИМИ, Караганда, 1997. с. 124-129.
12. Исабек Т.К., Ивадилинова Д.Т. Анализ мирового опыта применения закладки выработанного пространства при подземных горных работах. // Вестник национальной инженерной академии Республики Казахстан, №4, 2018/. – с. 55.
13. Ивадилинова Д.Т., Абеков У.Е., Амренов К.К., Исабек Т.К. Опыт отработки угольных пластов с закладкой выработанного пространства в Карагандинском угольном бассейне. // Вестник государственного университета имени Шакарима города Семей, №1, 2019/. – с. 35.
14. Проблемы и опыт выемки пластов с закладкой выработанного пространства в Карагандинском бассейне. – Министерство угольной промышленности СССР, ВНИМИ, Караганда, 1989. – с. 5-8
15. Квон С.С., Роот Э.Г., Демин В.Ф., Кушеков К.К. Проблемы разработки маломощных и сложноструктурных пластов Карагандинского бассейна. – Караганда, 2003. – с. 323.
16. Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №1172 от 28 декабря 2018 года. Автор Ивадилинова Д.Т.
17. Инструкция о построении и реконструкции геодезических сетей на территории угольных бассейнов. – М.: Недра, 1987. – с. 30.

18. Инструкция об охране геодезических пунктов. – М.: Недра, 1984. – с. 32.
19. Инструкция о порядке утверждения мер охраны зданий, сооружений и природных объектов от вредного влияния горных разработок. – М.: Недра, 1993. – с. 32.
20. Панжин А.А., Сашурин А.Д., Боликов В.Е., Ручкин В.И., Ефремов Е.Ю., Панжина Н.А. Особенности проведения геодинамического мониторинга на Узельгинском месторождении. – Проблемы недропользования, №4, 2016. – с. 81-88.
21. Gang Chen, Xingwen Cheng, Weitao Chen, Xianjiu Li, Liangbiao Chen. GPS-based slope monitoring systems and their applications in transition mining from open-pit to underground // International Journal Mining and Mineral Engineering, Vol. 5, No.2, 2014. – с. 152-163.
22. Кафтан В.И., Устинов А.В. Повышение точности локального геодинамического мониторинга средствами глобальных навигационных спутниковых систем // Горный журнал, №10, 2015. – с. 32-38.
23. Guanwen Cheng, Congxin Chen, Wanchen Zhu, Tianhong Yang. Numerical modeling of strata movement at footwall induced by underground mining // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, August, 2018. – с. 142-156.
24. Авакян В.В. Прикладная геодезия. Технологии инженерно-геодезических работ. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – с. 133.
25. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем Глонасс/GNSS. – М.: Роскартография, 2003. – с. 180. <http://gostrf.com/normadata/1/4293855/4293855529.pdf>
26. Докукин П. А., Кафтан В. И. Непрерывные GPS/Глонасс измерения коротких базовых линий для выявления предвестников сильных землетрясений. – М.: Геодезия и картография №2, 2006. – с. 80.
27. Кафтан В. И., Кузнецов Ю. Г., Серебрякова Л. И., Верещетина А. В. Подъемы земной поверхности и сейсмическая активность. – М.: ЦНИИГАиК, 1998. – с. 110.
28. Гришков С. В., Букин В. Г., Гетманов И. В., Одинцов С. Л. Использование различного программного обеспечения в геодинамических исследованиях. – М.: Геодезия и картография №11, 2008. – с. 35.
29. Кафтан В. И., Кузнецов Ю. Г., Бебутова В. К. Современные вертикальные движения земной поверхности Прикаспийского региона. – М.: Геодезия и картография №9, 1997. – с. 18.
30. Красильников П.А., Середин В.В. Изучение закономерностей и построение математических моделей распределения углеводородов по разрезу на территориях нефтеперерабатывающих предприятий. // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело, №2, 2017. – Пермь. – с. 191-200.
31. Andre Vervoort, Pierre-Yves Declercq. Surface movement above old coal longwalls after mine closure // International Journal of Mining Science and Technology 27 (2017). – с. 481-490.

32. Планы горных работ шахты имени Костенко: производственная карта / сост. и подгот. к печати маркш. отдел шахты им. Костенко АО «АрселорМиттал Темиртау»; гл. маркш. Линдеман А.Д. – 1:2000. – Караганда, 2008. – 3 л.: многокрас.

33. Толстунов С.А., Монтиков А.В. Влияние скорости подвигания очистного забоя на экологические последствия горных работ // Записки Горного института. Т.203, 2013. – с. 112-115.

34. Зубов В.П., Вьет К.К. Практический опыт использования систем разработки мощных крутых пластов в условиях бассейна КуангНинь // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – Москва, Горная книга, 2015. – с. 10-14.

35. Григорьев А.Е. Обоснование ширины предохранительных целиков капитальных горных выработок. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – Москва, Горная книга, 2013. – с. 193-208. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-shiriny-predohranitelnyh-tselikov-kapitalnyh-gornyh-vyrabotok>

36. Сакенова Д. Т. Изменение планового и высотного положения пунктов государственной геодезической сети вследствие их подработки // Тезисы докладов международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы горно-металлургического комплекса Казахстана». – Караганда, КарГТУ, 2009. – с. 77.

37. Миронов А.С., Гусев В.Н., Козлов А.А.. Организация и выполнение деформационного мониторинга при выемке свиты угольных пластов под линейными сооружениями на шахтном поле ОАО «Распадская» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – Москва, Горная книга, 2012. – с. 9-15. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-i-vypolnenie-deformatsionnogo-monitoringa-pri-vyemke-svity-ugolnyh-plastov-pod-lineynymi-sooruzheniyami-na-shahtnom-pole>

38. План поверхности шахты имени Костенко: производственная карта / сост. и подгот. к печати маркш. отдел шахты им. Костенко АО «АрселорМиттал Темиртау»; гл. маркш. Линдеман А.Д. – 1:5000. – Караганда, 2008. – 1 л.: многокрас.

39. Правила устройства электроустановок. – М.: Госгортехнадзор, 1998. – с. 205.

40. Сакенова Д. Т. Современные способы наблюдений за сдвижением земной поверхности // Тезисы докладов межвузовской студенческой научной конференции «Студент и научно-технический прогресс». – Караганда, КарГТУ, 2009. – с. 68.

41. Исабек Т.К., Ивадилинова Д.Т. Математическое моделирование процесса сдвижения земной поверхности вследствие подработки угольными пластами // Сборник статей по материалам LXIII международной научно-практической конференции «Инновации в науке», №11 (60). – Новосибирск, АНС «СиБАК», 2016. – с. 170-176. URL: <https://sibac.info/conf/innovation/lxiii/64654>

42. Барях А.А., Девятков С.Ю., Самоделкина Н.А. Теоретическое обоснование условий образования провалов на земной поверхности после аварийного затопления калийных рудников // Журнал «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых», №1, 2016. – с. 50-62.
43. Сакенова Д. Т. Определение максимальной скорости оседания земной поверхности при отработке лавы 45 К₂₋₃-з шахты имени Костенко по результатам геодезических наблюдений // Тезисы докладов межвузовской студенческой научной конференции «Студент и научно-технический прогресс». – Караганда, КарГТУ, 2010. – с. 59.
44. T.K. Issabek, V.F. Dyomin, D.T. Ivadilinova. Methods for monitoring earthsurface displacement at points of small geodetic network under the underground method of coal development. // Naukovyi Visnik NNU, №2, 2019. – с. 13-21.
45. The Python Tutorial. <https://docs.python.org/3/tutorial/index.html>
46. Бате К.-Ю. Методы конечных элементов. М.: Физматлит, 2010. – с. 10.
47. Phase 2.6.0 Manual. – Canada, 2005. – с. 5-12.
48. Phase 2.6.0 Tutorial. – Canada, Rocscience Inc. 1998-2001. – с. 3-22.
49. Нурпеисова М.Б., Милетенко И.В. Геомеханика. – Алматы, 2014. – с. 9.
50. Назаренко В.А., Йощенко Н.В. Закономерности развития максимальных оседания и наклонной поверхности в мульде сдвижения. – ГВУЗ «НГУ», Днепропетровск, Украина. – с. 6.
51. Ивадилинова Д.Т., Жунис Г.М., Исабек Т.К. Геомеханическое моделирование массива горных пород при добыче угля подземным способом. // Вестник Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова. Энергетическая серия. №2, 2018/. – с. 136-142.
52. Закладочные работы в шахтах: Справочник /Под ред. Бронникова Д.М., Цыгалова М.Н. – М.: Недра, 1989. – с. 400.
53. Raudi Bristol, Phil Jackson, Gemma O'Farrell, Duncan Hall, Vladimir Krupnik. – Gemcom Software, 2008. – с. 4.
54. Ивадилинова Д.Т., Амренов К.К. Геодезические наблюдения за техногенными процессами. IX Международная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование – 2014». Министерство образования и науки РК, Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, 11 апреля 2014 г. – С. 4548-4552. URL: <http://www.enu.kz/downloads/nauka/sbornik-konferencii-izmenennyi.pdf>
55. Исабек Т.К., Арыстан И.Д., Ивадилинова Д.Т. Анализ мирового опыта закладки выработанного пространства при добыче угля. // Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации плана нации» (Сагиновские чтения №9), Караганда, 2017. – с. 83-85.
56. МСН 4.03-01-2003 Газораспределительные системы. Комитет по делам строительства Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан. Астана, 2004.
57. СП РК 2.03-101-2012 Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах. Свод правил Республики Казахстан. Астана, 2015.

58. Мустафин М.Г., Зеленцов С.Н., Кузнецова Е.И., Рожко А.А. Проблемные вопросы сдвижения горных пород. // Записки горного института, Санкт-Петербург, 2010. – с. 227-230.

59. Ивадилинова Д.Т., Амренов К.К., Исабек Т.К. Применение горных мер охраны поверхностных объектов при подработке газопроводов // Международная научно-практическая конференция «Рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях индустрии 4.0», Сатбаев университет, Алматы, Март 2019. – с. 286-290.

57. Исабек Т.К., Ивадилинова Д.Т. Привлечение иностранных инвесторов как один из ключевых методов развития рыночной экономики. // Труды VI Республиканской научно-практической онлайн-конференции «Судьбоносные решения Первого Президента К Н.А. Назарбаева по формированию нового Казахстана». – с. 163-166.

58. Исабек Т.К., Ивадилинова Д.Т. Анализ применения гидрозакладки выработанного пространства на шахтах Карагандинского угольного бассейна. // Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №10), 2018.

59. Демин В.Ф., Исабек Т.К., Барсуков С.В., Ивадилинова Д.Т. Проявление горного давления при использовании анкерного крепления выработок на шахтах Карагандинского угольного бассейна. // Международная научно-практическая конференция «Инновации в области естественных наук как основа экспортоориентированной индустриализации Казахстана», КазНАЕН, Алматы, 2019. – с.

60. Нупов К., Селезнев В. Строительство газораспределительных сетей города Караганда от АГРС «Караганда» Магистрального газопровода «СарыАрка». – Алматы, 2018 г. – с. 1-13.

61. Исабек Т.К., Ивадилинова Д.Т. Применяемые методы расчета ожидаемых деформаций земной поверхности и горнотехнические мероприятия по защите подрабатываемых зданий и сооружений. // Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №11), 2019. – с.

62. Демин В.Ф., Абеков У.Е., Ивадилинова Д.Т. Technological schemes, methods, types and facilities for supporting mine working contours in complicated mining and geological operational conditions // «Горный журнал Казахстана», №8, 2019 г. – с. 42-46.

63. Кузьмич А.С. Гидравлическая закладка выработанного пространства. – Москва, Недра, 1975 г. – с.100-102.

64. Проблемы и опыт выемки пластов с закладкой выработанного пространства в Карагандинском бассейне. // Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-конструкторский угольный институт (КНИУИ). – Караганда, 1989. С. 46-58.

65. Проблемы и опыт выемки пластов с закладкой выработанного пространства в Карагандинском бассейне. КНИУИ, Караганда, 1989. – с.3-22.

66. Рыбак А.С., Богданов С.М., Никулин И.Б. Теоретические положения управления инвестиционным проектом по добыче полезных ископаемых. // Известия ТулГУ, Науки о Земле, 2015, Вып.2. С. 100-109.
67. Астафьев Ю.П., Сулима Г.С., Близнюков В.Г., Шекун О.Г. Горное дело. – М.: Недра, 1981. – с. 8-16.
68. Нефедов П.П., Дрижд Н.А., Квон С.С., Презент Г.М., Перзадаев М.А. Технология разработки сложных и некондиционных пластов Карагандинского бассейна. – Караганда, 1995. – с.
69. Лавенков В.С. Обоснование площади поперечного сечения подготовительно-нарезных выработок при применении подземных передвижных закладочных комплексов. // Горный информационно-аналитический бюллетень. №3(специальный выпуск 15), 2015. с. 96-105.
70. Бронников Д.М., Цыгалов М.Н. Закладочные работы в шахтах. Справочник. – М., «Недра», 1989. с.371-394.
71. Бурчаков А.С., Гринько Н.К., Черняк И.Л. Процессы подземных горных работ. – М.: «Недра», 1982. с. 412-417.
72. Ефимов В.И., Никулин И.Б., Рябов Г.Г. Перспективы развития добычи угля в Кузнецком бассейне. // Известия ТулГУ, Науки о Земле, 2015, Вып.1. с. 101-108.
73. Пояснительная записка к техно-рабочему проекту «Закладочного гидрокомплекса для выемки пласта К18 из охранного целика под Машзаводом №1», 1973 г. – с. 4-18.
74. Сарычев В.И., Васильев П.В. Обоснование отработки ограниченных запасов угольных пластов под охраняемыми объектами на поверхности. // Известия ТулГУ, Науки о Земле, 2016, Вып.1. с. 111-119.
75. Рыжкова Т.В. Теоретические аспекты экономической оценки эффективности деятельности предприятий. // Лесной вестник, №4, 2013. с.201-205.
76. Мартякова Е.В., Кочура И.В. Хозяйственные риски: оценка и прогнозирование. – Донецк, ДонТУ, 2008. с. 6-24.
77. Ивадилина Д.Т., Исабек Т.К., Абеков У.Е., Жунис Г.М. Determining economic efficiency of technological schemes of coal mining on example of developed space hydraulic filling. IV Международный экологический конгресс «Экологическая и техносферная безопасность промышленных регионов», Екатеринбург, 2019. – с. 349-353.
78. Васильцова В.М. Проблемы освоения шельфовых месторождений нефти и газа. // Геоэкономика и менеджмент. Записки горного института, 2016. с. 345-350.
79. Господариков А.П. Разработка нелинейных математических моделей и численное моделирование прогноза напряженно-деформированного состояния массива горных пород. // Записки горного института, Т.219, 2016. с. 382-386.
80. Маевский Ф.М., Петухов И.А., Сошенко А.И., Акимов А.Г. Правила охраны сооружений от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – М.: Недра, 1981. – с. 8-16.

Приложение 1

Акт внедрения

" ГАЗСЕРВИС и Ко "
ЖАУАПҚЕРІШЛІГІ ШЕКТЕУЛІ
СЕРІКТЕСТІГІНЕ



ТОВАРИЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
" ГАЗСЕРВИС и К° "

Республика Казахстан
Западно - Казахстанская область,
090005 г. Уральск, ул. Урдинская 2/6
тел. 8(7112)98-90-93

ИИК KZ438560000005292897,
БИК KСJBKZKX
БИН 940240001238, КНП 859, КБе 17
АО «Банк Центр Кредит»

№ 2

« 11 » апреля 2019 г.

Диссертационный совет
«Горное дело» по специальностям:
6D070700 «Горное дело»,
6D070600 «Геология и разведка
месторождений полезных ископаемых»
при Карагандинском государственном
техническом университете

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе:

Айманов Т. – инженер ТОО «Газсервис и К°»,

Исабек Т.К. – д.т.н., профессор кафедры РМПИ КарГТУ,

Ивадилинова Д.Т. – докторант кафедры РМПИ КарГТУ

составили настоящий акт о том, что основные положения диссертационной работы Ивадилиновой Д.Т. на тему «Разработка технологических схем отработки угольных пластов под охранными сооружениями» были представлены на заседании научно-технического совета ТОО «Газсервис и К°» и получили одобрение. Проведенные научные исследования можно характеризовать как научно-обоснованные разработки, которые имеют практическую ценность и рекомендуются к внедрению и использованию при проведении научно-исследовательских и опытно-промышленных работ по прокладке газопроводов на подрабатываемых территориях Карагандинского угольного бассейна.

Настоящим письмом подтверждаем о положительных итогах внедрения научно-практических результатов диссертации, которые планируются к использованию при проектировании газопроводов, реализуемых ТОО «Газсервис и К°».

Данный акт внедрения не является основанием для предъявления каких-либо финансовых претензий, а также требований, связанных с авторскими правами.

Директор
ТОО «Газсервис и К°»



Султанов А.Н.

Приложение 2

Акт внедрения в учебный процесс



АКТ ВНЕДРЕНИЯ результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Основные научные положения и технические решения в области технологии разработки угольных пластов под зданиями и сооружениями, изложенные в диссертационной работе Ивадиловой Дины Толегеновны на тему «Разработка технологических схем отработки угольных пластов под охранными сооружениями», представленной на соискание учебной степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070700 «Горное дело», внедрены в учебный процесс Карагандинского государственного технического университета на кафедре «Разработка месторождений полезных ископаемых» Горного факультета. Результаты исследований и разработки применены в лекционных, лабораторных и практических занятиях бакалавриата, магистратуры специальности «Горное дело» по следующим дисциплинам:

«Технология разработки пластовых месторождений»

«Математическое моделирование процессов горного давления»

«Технико-экономическое моделирование и оптимизация параметров технологических схем ведения горных работ»

Зав. кафедрой РМПИ,
Доктор PhD

А.Ж. Имашев

Научный руководитель,
д.т.н., профессор

Т.К. Исабек

Докторант

Д.Т. Ивадилина

Приложение 3

Сертификат об апробации результатов диссертации на конференции



СЕРТИФИКАТ

Участника

LXIII Международной научно-практической конференции

«ИННОВАЦИИ В НАУКЕ»

Настоящий сертификат подтверждает участие в конференции
и публикацию статьи в сборнике трудов

***Исабек Туяк Конеевич,
Ивадилинова Дина Толегеновна***

**«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
ВСЛЕДСТВИЕ ПОДРАБОТКИ УГОЛЬНЫМИ ПЛАСТАМИ»**

Председатель оргкомитета –
д-р психол. наук, канд. мед. наук,
профессор, академик
Международной академии наук
педагогического образования




Н.В. Дмитриева

30.11.2016 г.

Новосибирск, 2016 г.

Приложение 4

Сертификат об апробации результатов диссертации на конференции



Приложение 5
Свидетельство на объекты, охраняемые авторским правом


ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ **РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН**

**АВТОРЛЫҚ ҚҰҚЫҚПЕН ҚОРҒАЛАТЫН ОБЪЕКТІЛЕРГЕ ҚҰҚЫҚТАРДЫҢ
МЕМЛЕКЕТТІК ТІЗІЛІМГЕ МӘЛІМЕТТЕРДІ ЕНГІЗУ ТУРАЛЫ**

КУӘЛІК

2018 жылғы « 28 » желтоқсан № 1172

Автордың (лардың) жөні , аты, әкесінің аты (егер ол жеке басын куәландыратын құжатта көрсетілсе):
ИВАДИЛИНОВА ДИНА ТОЛЕГЕНОВНА

Авторлық құқық объектісі: ғылыми туынды
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРНЫХ МЕР ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В КАРАГАНДИНСКОМ
Объектінің атауы: УГОЛЬНОМ БАСЕЙНЕ

Объектіні жасаған күні: 27.12.2018

СВИДЕТЕЛЬСТВО
**О ВНЕСЕНИИ СВЕДЕНИЙ В ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЕСТР
ПРАВ НА ОБЪЕКТЫ, ОХРАНЯЕМЫЕ АВТОРСКИМ ПРАВОМ**

№ 1172 от « 28 » декабря 2018 года

Фамилия, имя, отчество, (если оно указано в документе, удостоверяющем личность) автора (ов):
ИВАДИЛИНОВА ДИНА ТОЛЕГЕНОВНА

Вид объекта авторского права: произведение науки
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГОРНЫХ МЕР ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В КАРАГАНДИНСКОМ
Название объекта: УГОЛЬНОМ БАСЕЙНЕ

Дата создания объекта: 27.12.2018





Құжат түпнұсқасының: <http://www.kazpatent.kz/kz/copyright/>
"Авторлық құқық" бөлімінде тексеруге болады: <https://copyright.kazpatent.kz>
Подлинность документа возможно проверить на сайте [kazpatent.kz](https://copyright.kazpatent.kz)
в разделе «Авторское право» <https://copyright.kazpatent.kz>

Подписано ЭЦП

Оспанов Е. К.