



ҚҰРЫЛЫС. СӘУЛЕТ  
СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА  
CONSTRUCTION. ARCHITECTURE

DOI 10.51885/1561-4212\_2021\_1\_39  
МРНТИ 67.15.13

**В.Ф. Демин<sup>1</sup>, М.О. Иманов<sup>2</sup>, Н.Г. Кожанов<sup>3</sup>**

Карагандинский технический университет, г. Караганда, Казахстан

<sup>1</sup>E-mail: [vladfdemin@mail.ru](mailto:vladfdemin@mail.ru)

<sup>2</sup>E-mail: [alivek@mail.ru](mailto:alivek@mail.ru)

<sup>3</sup>E-mail: [spark.2011@mail.ru](mailto:spark.2011@mail.ru)\*

## ТЕХНОЛОГИЯ СТАБИЛИЗАЦИИ НЕУСТОЙЧИВЫХ ГОРНЫХ МАССИВОВ ТҰРАҚСЫЗ ТАУ СІЛЕМДЕРІН ТҰРАҚТАНДЫРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ TECHNOLOGY FOR STABILIZING UNSTABLE MOUNTAINS

**Аннотация:** Одной из основных задач, которые необходимо решить при совершенствовании технологических схем нагнетательного инъецирования полимерных смол в нарушенный горный массив является разработка методики расчета, технологии, обоснование параметров упрочнения и связывания нарушенных вмещающих углепородных массивов с учетом их геомеханического техногенного состояния для повышения устойчивости и стабилизации горного массива при производстве технологических процессов.

**Ключевые слова:** стабилизация горного массива, угольные шахты, деформации, дефектность, приконтурные породы, средства, смолы, горно-технологические условия разработки.

**Аңдатпа:** Полимерлі шайырларды бұзылған тау жынысы массасына айдаудың технологиялық сызбаларын жетілдіру кезінде шешуді қажет ететін негізгі міндеттердің бірі – есептеу әдісін, технологиясын, бұзылған иесі көмір-тас массивтерін қатайту және байланыстыру параметрлерін негіздеу, технологиялық процестерді өндіруде массивтің тұрақтылығы мен тұрақтылығын арттыру үшін олардың геомеханикалық техногендік күйін ескеру.

**Түйін сөздер:** тас массасын тұрақтандыру, көмір шахталары, деформациялар, ақаулар, шекара жыныстары, құралдар; шайырлар; тау-кен технологиясының даму шарттары.

**Abstract:** One of the main tasks that must be solved when improving the technological schemes of injection injection of polymer resins into a disturbed rock mass is the development of a calculation method, technology, substantiation of the parameters of strengthening and bonding of disturbed host coal-rock massifs, taking into account their geomechanical technogenic state to increase the stability and array in the production of technological processes

**Keywords:** rock mass stabilization, coal mines, deformations, defectiveness, border rocks, means; resins; mining technology development conditions.

**Введение.** На сегодняшний день такие работы, как добывание угля из очистных и горно-подготовительных забоев шахт в ситуациях трещиноватых нестабильных углепородных массивов подвержены высокой степени травматизма рабочих. Негативные эффекты при отжиме и вытряхивании угля, а также при разрушении различных типов кровли выражаются в недостаточно оптимальной работе очистных забоев, снижении общей

доли добычи и темпов проходок выработок, а также в снижении положительных свойств угля. Так, необходимое использование механических способов предупреждения вывалообразований пород и удержания крепления подводящих выработок путем установки штанговых крепей, выкладки клетей и применения других мер требует дополнительных расходов материалов и связано с трудоемкими, сопряженными с опасностью травматизма горнорабочих работами.

Однако, несмотря на имеющийся положительный опыт укрепления угольного массива синтетическими смолами, выбор параметров технологии укрепления пока еще недостаточно обоснован. Одной из главных причин этого является отсутствие фильтрационных методов расчета параметров нагнетания укрепляющих растворов на основе синтетических смол с учетом специфики угольного массива, как фильтрующей среды, и коллектора жидкости и газа.

Самым оптимальным материалом для укрепления горной массы являются полиуретановые смолы, которые имеют свойство наилучшей способности проникания. Такая смесь позволяет добиться коэффициента заполняемости всех трещин до 0,9...0,95 при накачивании под большим давлением. Обработанный полиуретан отличается остаточной пластичностью, что позволяет закаленной массе сохранять устойчивость даже при больших нагрузках горных пород и деформироваться без нарушения связей. При этом создается вспомогательное действие подушки при вспенивании полиуретана, позволяющее повысить свойство устойчивости и укрепить связи между блоками матрицы [1-3].

Для обоснования выбранной исследовательской модели/стратегии при подготовке материалов статьи использовался комплекс методов, включающий: анализ и обобщение сведений, содержащихся в научно-технической, патентной и специальной литературе, испытания технологических разработок, технический анализ и производственные эксперименты.

*Технология упрочнения смолянизацией слоистой породной кровли пластовых выработок.* Решению проблемы повышения эффективности крепления горных выработок посвящены работы многих исследователей. Большие научные изыскания проводились в области создания новых технологий проведения и крепления горных выработок. Однако, большинство этих исследований носили немасштабный характер и были ограничены благоприятными горно-геологическими условиями.

К аномальным относятся участки выработок, находящиеся: в зонах влияния геологических пликативных и дизъюнктивных нарушений; повышенной трещиноватости вмещающих пород и угля; повышенной обводненности вмещающих пород и угля; повышенного горного давления на подработанных или надработанных пластах свиты; на пластах опасных, угрожаемых, а также несклонных к горным ударам и внезапным выбросам угля(породы) и газа; в ненарушенном массиве; в зонах повышенного горного давления, в зонах влияния пликативных и дизъюнктивных нарушений; вне зон и в зонах влияния очистного выработанного пространства; в обводненных и необводненных породах и др.

К факторам, которые влияют на возможность применять смолоукрепление системы при проведении подготовительных выработок относятся: прочность вмещающих пород; размер зон опасных деформаций породы вокруг горных выработок; величина смещений горных пород, находящихся в кровле, величина конвергенции, срок службы выработки, а также предельная величина безопасного смещения (опускания) пород кровли, закреплённых в горной выработке.

Как показывают лабораторные и шахтные исследования, в процессе нагнетания раство-

ра в массив происходит уменьшение скорости распространения раствора на отрезках укрепляемой зоны, связанное главным образом с различием вязкости раствора и изменением пористости за счет образования пленки фильтруемой жидкости вокруг частиц породы.

Нагнетание химического раствора производится через шпуры, пробуренные непосредственно из очистного забоя.

Для укрепления пород кровли шпуры бурят под таким углом наклона, чтобы его забой располагался над пластом на высоте 0,5...0,6 м, устья шпуров располагают на контакте кровля-пласт или на расстоянии 0,2...0,3 м от кровли лавы.

*Технология упрочнения горного массива.* Упрочнение горного массива – технология, предупреждающая возникновение аварийных ситуаций в следующих случаях:

- горно-геологические нарушения;
- «заколы», возникающие на контакте угля и пород кровли, вызванные длительными остановками лавы и недостаточной скоростью подвигания очистного забоя;
- неблагоприятное расположение фронта лавы по отношению к кливажу;
- несоответствие типа крепи данным горно-геологическим условиям.

Для устранения негативных последствий нарушений кровли необходимо:

- закрепить кровлю;
- пробурить шпуры диаметром 42 мм и длиной не менее 2,5 м на протяжении обрушения. Количество шпуров зависит от мощности пласта. Обычно по обеим границам нарушенной зоны бурятся шпуры по вертикальному ряду, на расстоянии до 1,0 м друг от друга;

– ввести в приготовленные шпуры инъекционные анкера. На конец анкера накручивается адаптер с Т-образным фитингом, к нему подключаются два шланга диаметром 10 мм, по которым закачивают смолу и катализатор (отвердитель) пневматическим или гидравлическим насосом.

Расход двух компонентов смолы на один шпур – не более 1 комплекта (65 кг). Угол наклона шпуров выбирается в зависимости от мощности нарушенных пород, от характера их трещиноватости, они должны быть ориентированы в крест простирания основного направления трещин. При малой трещиноватости и небольшой мощности нарушенной кровли (до 1,5 м) угол наклона  $10^{\circ}$ , при развитой трещиноватости и мощности нарушенных пород свыше 1,5 м –  $20...25^{\circ}$ . Расстояние между шпурами определяется экспериментальным путем из условия минимальных затрат труда на укрепление неустойчивого массива.

В местах отжима угля из очистного забоя шпуры бурятся по возможности перпендикулярно к плоскости обнажения массива. Длина шпуров должна быть не менее чем на 0,5 м больше суточного подвигания лавы при расстоянии между ними 2...3 м. В каждом конкретном случае расстояние между шпурами должно устанавливаться расчетным методом и корректироваться результатами экспериментов в производственных условиях. При очередном цикле бурения шпуры располагают в шахматном порядке с ранее обуренным циклом. Шпуры герметизируют на глубину 0,7...1,2 м. Темп нагнетания – 5...30 л/мин. При нагнетании давление у устья шпура не должно превышать 4...6 МПа. Средний расход скрепляющего раствора – 25...40 л/м шпура.

По характеру предназначения использование метода предварительного упрочнения возможно в следующих случаях: для повышения устойчивости горных выходов; территориального выделения фильтрационной способности угольной горной массы; повышения несущей способности угольных горных столбов в целях безопасности в глубинах массива.

В связи с горно-геологическими и горно-техническими характеристиками для закаленных объектов предварительный метод используется, в случае:

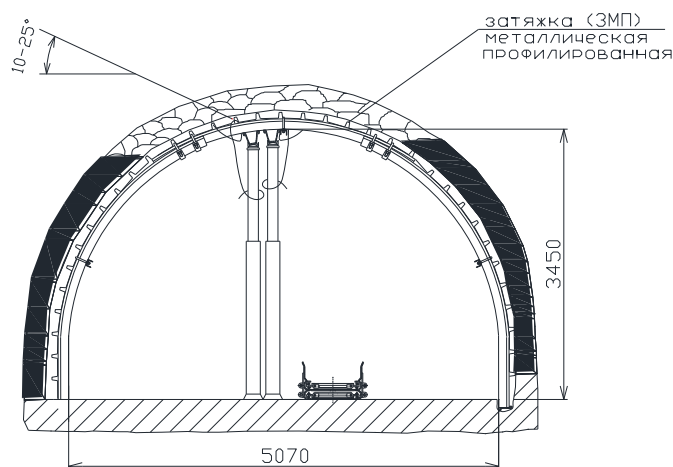
- пересечения с тектоническими разломами;
- пересечения с угольными пластами большой толщины, кровля и почва которых состоят из неустойчивых и слабых слоев горных пород;
- пересечения областей, горные породы которых имеют тонкую слоистую структуру и разбиты системой из определенного количества трещин;
- необходимости проведения работ в местах их соединения;
- проведения работ в выемке или ее построения в рабочем пространстве.

Предварительное уплотнение угольного массива заключается в закачке химических растворов в области боковых пород, почвы и кровли выработок по отдельности или в любой комбинации между ними, в зависимости от конкретных горно-геологических условий.

Анализ зарубежного опыта, а именно Германии, Польши, Австралии, показывает эффективность использования полимерных смол для упрочнения ненадежных частей в массиве горных пород. Для устранения схождения, упрочнения почвы в рыхлых породах, опережающего крепления горных выработок, а также наполнения пустот в тоннелестроении, на рудниках и шахтах используются полимерные смолы [4-5].

Следует отметить, что опыта работ по упрочнению массива путем инъекций смол в Казахстане и странах СНГ на сегодняшний день недостаточно, тем более нет исследований с учетом напряженно-деформированного состояния неустойчивых пород и методик расчета их параметров в производственной практике. Эта проблема требует дополнительных теоретических и промышленно-экспериментальных исследований.

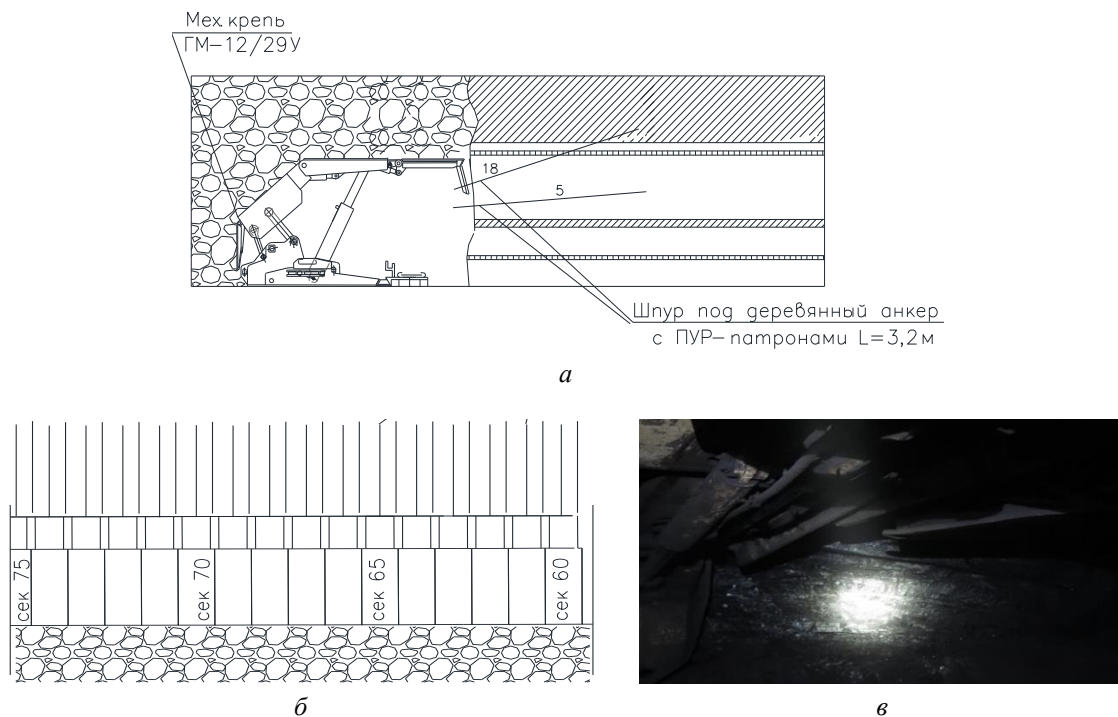
На угольных шахтах эти методы применяются для повышения устойчивости кровли очистных забоев, сопряжений лав со штреками, межслоевых пачек при разработке мощных пологих пластов (рис. 1), кровель и нависающих угольных массивов при упрочнении кровли монтажных камер, повышения устойчивости горных пород в лавах (рис. 2), в зонах геологических нарушений (в том числе под- и надработки пластов) – рис. 3; переходах одних выработок другими и прочих ослабленных зон [6-9].



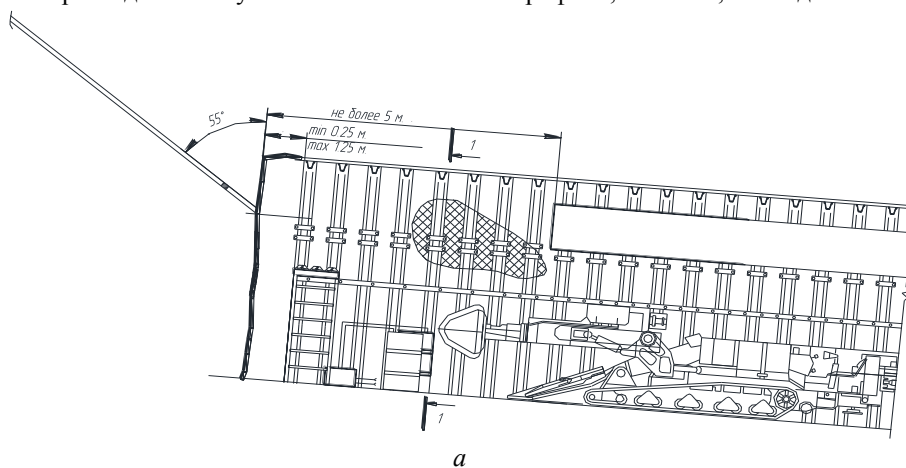
**Рисунок 1.** Химическое укрепление сопряжения лавы при отработке нижнего слоя мощного пласта дб в Тентекском угленосном районе Карагандинского угольного бассейна

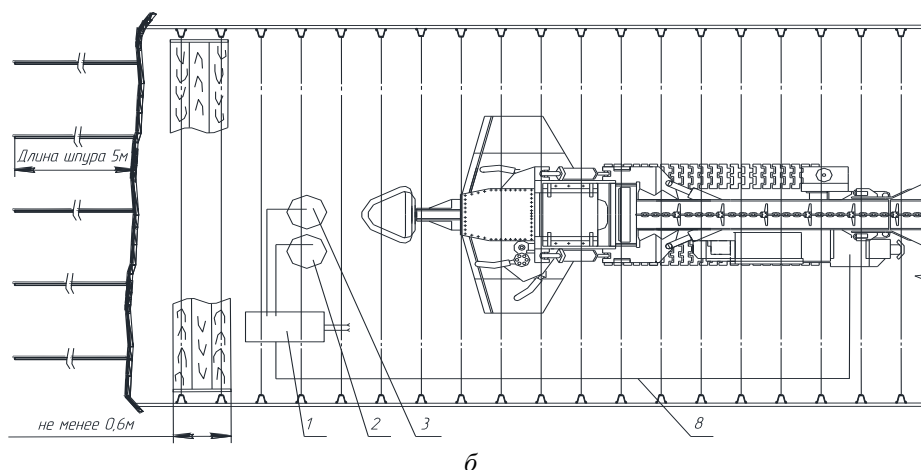
Для укрепления определенных или больших участков трещиноватых массивов исполь-

зуется способ нагнетания укрепляющих составов в породный массив при разработке месторождений.



**Рисунок 2.** Упрочнение пород кровли смолами в лаве 4.01дб-1-в шахты им. Ленина Карагандинского угольного бассейна: а – профиль; б – план; в – вид в лаве





**Рисунок 3.** Технология упрочнения неустойчивых пород при проведении подготовительных выработок: а – профиль; б – план

Научная ценность статьи состоит в формировании методического подхода и условий для обоснованного применения технологических средств стабилизации неустойчивых горных массивов посредством смолянизации неустойчивых зон пород.

*Заключение.*

1. Предложена технология закалки смолянизацией слоистой породной кровли пластовых выработок: изоляция на поверхности пластовых выработок трещин, гидравлически связанных с цементирующей скважиной; обнаружение на поверхности пласта точек выхода трещин; изоляция крупных трещин на поверхности пластовой выработки; армирование пород кровли пластовой выработки в процессе ее эксплуатации; назначение концентрации фиксирующего раствора и способа его закачки; длина скважины для упрочнения; расстояние между скважинами; назначение концентрации закрепляющего раствора и способ его нагнетания, расхода раствора в скважину, конечного давления нагнетания и объема раствора; установка анкерного крепления в скважине; заполнение мелкозернистых трещин.

2. Актуальным является разработка и внедрение в производственную практику технологии и обоснование параметров упрочнения, связывания и стабилизации нарушенных вмещающих угле-породных массивов с учетом их геомеханического техногенного состояния.

Список литературы

1. Zubov V.P., Nikiforov A.V. Features of Development of Superimposed Coal Seams in Zones of Disjunctive Geological Disturbances // International Journal of Applied Engineering Research. – ISSN 0973-4562. – Volume 12, Number 5 (2017). – P. 765. – © Research India Publications. <http://www.ripublication.com> 765.
2. Zubov V.P., Nikiforov A.V. and Kovalsky E.R. Influence of geological faults on planning mining operations in contiguous seams (Received 22 January, 2017; accepted 15 March, 2017). – Eco. Env. & Cons. 23 (2), 2017. – P. 1176-1180. – Copyright© EM International ISSN 0971-765X\*.
3. Бондаренко В.И., Ковалевская И.А., Симанович Г.А. и др. Экспериментальные исследования устойчивости повторно используемых выемочных выработок на пологих пластах Донбасса. – Днепропетровск: ТОВ «ЛізуновПрес», 2012. – 426с.
4. Лушников В.Н., Еременко В.А., Сэнди М.П. и др. Крепление горных выработок в условиях деформируемых и удароопасных массивов горных пород // Горный журнал. – № 4, 2014. – С. 37-43.
5. Eremenko V.A. Louchnikov V.N. Sandy M.P. Mikin D.A. Milsin E.A. Gornyi Zhurnal // Mining Journal. – № 7, 2013. – P. 59-67.
6. Демин В.Ф. Немова Н.А., Баизбаев, М.Б., Шмидт-Федотова И.М. Внедрение эффективного способа борьбы с пучением горных выработок // Научный вестник НГУ. – Днепропетровск, Украина. – № 5 (148), 2016. – С. 13–19.

7. Демин В.Ф., Фофанов О.Б., Демина Т.В., Яворский В.В. Напряжения в зоне влияния горных работ с учетом закрепительных систем: Конференция Скопус / MEACS2016 IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 177 (March 2017). 10th International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2016, MEACS 2016. – Tomsk, Russian Federation; 27 October 2016 through 29 October 2016; Code 126826.
8. Демин В.Ф., Яворский В.В., Демина Т.В., Томилов А.Н. Разработка эффективных способов борьбы с пучением пород почвы в подготовительных выработках угольных шахт // Горный журнал. – № 4, 2018. – С. 52-56.
9. Журов В.В. Совершенствование методики расчета параметров крепления выработок с учетом горно-технологических факторов: дис. ... канд. тех. наук: шифр 25.00.22. – Караганда: КарГТУ, 2010. – 115 с.