

УДК 622.834

Статья / Article

© ПНИПУ / PNRPU, 2017

## **ОПЫТ РАБОТ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ЗАМЕРОВ ЗАКЛАДКИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА НА РУДНИКАХ ПАО «УРАЛКАЛИЙ»**

**С.Н. Кутовой, А.В. Катаев, Д.А. Васенин, Е.М. Ефимов**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Россия, г. Пермь, Комсомольский пр., 29)

## **WORK EXPERIENCE ON AUTOMATION OF PROCESSING OF SURVEY MEASUREMENTS OF BACKFILL OF MINES OF URALKALI PJSC**

**Sergei N. Kutovoi, Anatolii V. Kataev, Denis A. Vasenin, Evgenii M. Efimov**

Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolskii av., Perm, 614990, Russian Federation)

Получена / Received: 21.03.2017. Принята / Accepted: 15.05.2017. Опубликовано / Published: 30.06.2017

### *Ключевые слова:*

программный модуль, закладка горных выработок, маркшейдерская служба, охрана подрабатываемых объектов, горно-геологическая информационная система, месторождение калийных солей.

В последние годы при отработке Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС) все большее значение приобретают мероприятия по предотвращению вредного влияния подземных разработок на земную поверхность и находящихся на ней промышленных, гражданских и природных объектов, а также по недопущению прорыва воды в горные выработки. Один из основных методов борьбы с этими явлениями – закладка выработанного пространства твердыми отходами переработки калийных руд.

Растущие объемы закладочных работ приводят к увеличению нагрузки на маркшейдерскую службу горных предприятий, осуществляющую инструментальный контроль за выполнением проектных показателей по закладываемым горным выработкам. В связи с этим остро встают вопросы автоматизации обработки результатов инструментальных измерений объемов закладки и составления графической и текстовой отчетной документации.

Для решения данной задачи авторами статьи был разработан программный модуль, позволяющий решать в автоматизированном режиме большинство задач, стоящих перед сотрудниками маркшейдерских отделов рудников ВКМКС, выполняющих функции контроля за соблюдением проектных показателей объемов закладочных работ.

В статье приводится информация по функциональным возможностям и технической архитектуре программного модуля. Даны примеры интерфейсных решений, а также информация по объемам создаваемых отчетных документов.

Разработанный программный модуль полностью интегрирован в создаваемую горно-геологическую информационную систему ПАО «Уралкалий». Данная система создается при непосредственном участии авторов и предусматривает в своем составе 21 автоматизированное рабочее место различных специалистов горного производства (горняки, геологи, маркшейдеры, геофизики, геомеханики, экологи и др.), начиная от первичного звена на рудниках и кончая руководством ПАО «Уралкалий».

### *Key words:*

program module, backfill of mines, mine survey service, protection of completing objects, mining and geological information system, field of potassium salts.

During the last years of development of Verkhnekamsk potassium salt field (VKPSF) activities that aimed to prevent harmful impact of underground mines on earth's surface and industrial, civil and natural objects located on it and water breakthrough into mines became relevant. One of the main methods to control these phenomena is to backfill empty space with solid wastes of potassium ore processing.

Growing volume of backfill works leads to an increase in survey service of mining enterprises, which does instrumental control over fulfillment of design parameters of backfilling mines. In this regard, there are questions raised on automation of processing of results of instrumental measurements of backfill volumes and compiling graphic and text reporting documentation.

In order to solve this problem the authors of the article developed a software module that allows to solve in automated mode most of the tasks that are faced by staff of survey departments of VKPSF mines who monitor compliance with design parameters of volume of backfilling operations.

The article provides information on functional possibilities and technical architecture of a software module. Examples of interface solutions and information on volumes of reporting documents being created are given.

A developed software module is integrated into created mining and geological information system of Uralkali PJSC. A system is created with direct participation of the authors and provides 21 automated workplaces for various mining specialists (miners, geologists, mine surveyors, geophysicists, geomechanics, environmentalists etc.) starting from the primary link in mines and ending with the management of Uralkali PJSC.

**Кутовой Сергей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (тел.: +007 342 219 84 27, e-mail: [geotech@pstu.ac.ru](mailto:geotech@pstu.ac.ru)). Контактное лицо для переписки.

**Катаев Анатолий Вениаминович** – кандидат технических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (тел.: +007 342 219 84 27, e-mail: [geotech@pstu.ac.ru](mailto:geotech@pstu.ac.ru)).

**Васенин Денис Александрович** – инженер кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (тел.: +007 342 219 84 27, e-mail: [geotech@pstu.ac.ru](mailto:geotech@pstu.ac.ru)).

**Ефимов Евгений Михайлович** – инженер кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем (тел.: +007 342 219 84 27, e-mail: [geotech@pstu.ac.ru](mailto:geotech@pstu.ac.ru)).

**Sergei N. Kutovoi** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Mine Survey, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 342 219 84 27, e-mail: [geotech@pstu.ac.ru](mailto:geotech@pstu.ac.ru)). The contact person for correspondence.

**Anatolii V. Kataev** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Mine Survey, Geodesy and Geoinformation Systems, (tel.: +007 342 219 84 27, e-mail: [geotech@pstu.ac.ru](mailto:geotech@pstu.ac.ru)).

**Denis A. Vasenin** – Engineer at the Department of Mine Survey, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 342 219 84 27, e-mail: [geotech@pstu.ac.ru](mailto:geotech@pstu.ac.ru)).

**Evgenii M. Efimov** – Engineer at the Department of Mine Survey, Geodesy and Geoinformation Systems (tel.: +007 342 219 84 27, e-mail: [geotech@pstu.ac.ru](mailto:geotech@pstu.ac.ru)).

## Введение

Закладочные работы на рудниках Верхнекамского месторождения проводят свыше 70 лет, в основном для целей защиты горных выработок от затопления и охраны поверхностных и подземных объектов, а также инженерных сооружений от подработки.

Важными факторами, определяющими необходимые и достаточные объемы закладочных работ, являются особенности геологического строения месторождения и параметры системы разработки при ведении горных работ.

К числу особенностей геологического строения породной толщи можно отнести безводность соляных отложений и обильную обводненность пород, вмещающих соляную залежь. Верхний пласт каменной соли является водозащитной толщей (ВЗТ), предохраняющей калийные рудники от затопления, поэтому его сохранение от подработки является обязательным условием при ведении горных работ.

Промышленные пласты сильвинитовой (АБ; Кр-2) и карналлитовой (В) солей отрабатываются камерной системой разработки. Подготовка запасов ведется панельным (СКРУ-1, СКРУ-2, БКРУ-2) и панельно-блоковым (СКРУ-3, БКРУ-4) способами. Необходимость в поддержании в устойчивом состоянии водоупорной толщи обуславливает выбор параметров системы разработки, обеспечивающих устойчивость междукамерных целиков, а следовательно, и всего горного массива. Таким образом, большая часть балансовых запасов остается в целиках, а коэффициент извлечения полезного ископаемого колеблется в пределах от 0,33 до 0,5 [1]. Задача повышения извлечения руды на всех этапах работ была и остается актуальной. В решении этой задачи важную роль играют закладочные работы. Уменьшение деформаций за счет закладки позволяет вести отработку с меньшими размерами целиков, чем без закладки.

В настоящее время на рудниках ПАО «Уралкалий» закладку горных выработок ведут в основном гидравлическим способом и реже механическим.

Для закладки используют в основном твердые отходы переработки калийных руд (солеотходы) и в небольших объемах каменную соль от проходки полевых выработок.

При гидравлической закладке закладочный массив возводят путем намыва. Технология

намыва включает в себя следующие операции: приготовление пульпы, транспортирование пульпы, удержание ее с помощью перемычек и возврат рассола.

От места приготовления пульпы закладочный материал по трубам пульпопровода поступает в выработанное пространство. Подачу пульпы в камеру производят в одной или нескольких точках по ее длине. Число точек подачи зависит от угла наклона камеры, угла откоса намываемого массива, длины и высоты камеры, требуемой степени заполнения.

При механической закладке солеотходы по ленточным конвейерам доставляют к участку закладки. На участке закладки производят съем закладочного материала с ленточного конвейера плужковым сбрасывателем. В выработанное пространство закладочный материал доставляется либо скреперными лебедками, либо самоходными вагонами.

Большинство специалистов сходятся во мнении о благоприятном влиянии закладки на геомеханическую ситуацию вокруг горных выработок [2–8]. Так, отмечается, что закладка позволяет уменьшить скорость деформации целиков и величину деформаций горных пород и земной поверхности. И как следствие этого, рекомендуется применять закладку под городской застройкой и важными промышленными объектами. В то же время обращается внимание на то, что до конца не изучено влияние рассолов, поступающих с закладочным материалом, на устойчивость междукамерных целиков, и невозможность полного подпора кровли выработок из-за пологого залегания рудного тела. Между кровлей и закладкой остается зазор, величина которого зависит от способа закладки и горно-геологических условий.

В ряде работ отмечается, что закладка также уменьшает утечки воздуха в отработанном пространстве, что положительно влияет на проветривание выработок и является эффективным способом охраны окружающей природной среды [9–12].

### **Разработка программного модуля для автоматизации обработки маркшейдерских измерений объемов закладки горных выработок**

Закладочные работы на горно-добывающих предприятиях ПАО «Уралкалий» ведутся в соответствии с требованиями нормативных

документов [13, 14], а их объемы по конкретным выемочным единицам регламентируются техническими проектами и планами развития горных работ. Контроль соблюдения проектных объемов закладки в горных выработках осуществляет маркшейдерская служба горнодобывающих предприятий путем проведения инструментальной съемки. При этом ежегодно возрастающие объемы закладочных работ делают актуальным решение задачи по автоматизации обработки инструментальных измерений объемов закладки и составления графической и текстовой отчетной документации. Для решения этой задачи авторами статьи в 2005 г. была разработана и установлена на рабочих местах пользователей на рудниках ОАО «Сильвинит» первая версия программного модуля с условным названием «Закладка». Подробно с основным функционалом данной программы можно ознакомиться в работе [15].

Однако в течение последующих лет актуальность проведения закладочных работ значительно возросла. Прежде всего это вызвано участвовавшими случаями отрицательного влияния горных работ на земную поверхность и находящиеся на ней промышленные, гражданские и природные объекты, а также нарушения сплошности (ВЗТ) и прорыва воды в горные выработки. К наиболее ярким проявлениям такого воздействия можно отнести аварийное затопление БПКРУ-1 в Березниках в 2006 г., провал земной поверхности в районе железнодорожных путей на станции города Березники в 2010 г., а также появление провала на земной поверхности и прорыв воды в горные выработки СКРУ-2 в 2014 г.

Все эти факты привели к ужесточению требований к проведению закладочных работ в новых утвержденных нормативных документах [13, 14]. В частности, данные документы повышают требования к степени закладки очистных камер как технологическому элементу системы разработки (коэффициент закладки должен удовлетворять условию  $A \geq 0,7$ ) и как мере охраны, снижающей значения максимального прогиба слоев ВЗТ и максимальных оседаний земной поверхности ( $0,5 \leq A \leq 0,7$ ). Помимо этого, значительно увеличено количество отчетных форм по объемам плановых и фактических показателей заложенного подземного пространства и объемам незаложенных пустот. Установлен специальный контроль за процентным

содержанием глинисто-солевых шламов в составе закладочной пульпы (не более 4 %).

В связи с вышеперечисленными факторами руководством предприятия были выдвинуты новые требования к функционалу ранее созданного программного модуля по обработке маркшейдерских замеров закладки в горных выработках.

Основными из этих требований являются:

- внесение изменений в алгоритм программного модуля, связанных с новыми требованиями нормативных документов к проведению закладочных работ, в том числе к качественному составу закладочной пульпы;

- осуществление наиболее тесной интеграции программного модуля «Закладка» с формирующейся горно-геологической информационной системой (ГИС) ПАО «Уралкалий»;

- заполнение в автоматизированном режиме новых утвержденных отчетных форм<sup>1</sup>;

- возможность перевода работы модуля на более современные версии используемых дополнительных программ: версии СУБД Oracle, графические визуализаторы, операционная система, офисные продукты и др.;

- возможность импорта-экспорта данных в форматы xls (Excel), dxf (AutoCad), shape-файлы ESRI (ArcGis), tab (MapInfo).

Учет вышеобозначенных требований при обновлении ранее созданного программного модуля «Закладка» привел к тому, что практически была создана новая программа, получившая условное название «Закладка-2». Рассмотрим основные особенности работы вновь созданного программного модуля и его отличие от ранее созданной программы по следующим аспектам: функциональные возможности, техническая архитектура программы, интерфейсные решения и отчетная документация.

**Функциональные возможности.** Многолетний опыт использования программного модуля «Закладка» позволил выявить, что отдельные функциональные возможности, реализованные в программе, на сегодняшний день не являются актуальными и от них можно безболезненно отказаться. В частности, практически не нашли применения возможности

<sup>1</sup> Приказ ПАО «Уралкалий» от 14.06.2016 № 977 «О формах отчетности по закладочным работам на рудниках ПАО «Уралкалий»».

программы по занесению в таблицы СУБД исходных данных по закладываемым выработкам посредством оцифровки их поперечных сечений с использованием отсканированных изображений (растра) и с помощью дигитайзера. После отказа от этих и некоторых других возможностей, а также добавления новых функций в программном модуле «Закладка-2» можно решать следующие задачи:

- обработка инструментальных маркшейдерских измерений закладки выработанного пространства, выполненной механическим и гидравлическим способами, и сохранение их в таблицах СУБД Oracle;

- расчет объемов закладки и фактических коэффициентов закладки выработанного пространства по поперечным и продольным сечениям выработки и сравнение их с проектными показателями как по одиночным выработкам, так и по совокупностям заложенных выработок в пределах выделенных зон;

- определение оптимального проектного положения закладочных (перепускных) скважин при гидравлической закладке исходя из анализа геометрии выработки, характеристик пульпы и пульпопровода, а также с учетом новых требований нормативных документов;

- моделирование процесса гидравлической закладки на продольном разрезе горной выработки с учетом перемычек и новых требований нормативных документов;

- графическое отображение закладки на поперечных и продольных сечениях выработки, а также на цифровом плане горных работ;

- создание и печать графической и текстовой типовой отчетной документации по закладке и пустотам в горных выработках с учетом новых требований нормативных документов.

#### **Техническая архитектура программы.**

Программа «Закладка-2» является одним из программных модулей, входящих в состав программного комплекса «Автоматизированное рабочее место маркшейдера» («АРМ-маркшейдера»). Данный программный комплекс устанавливается на рабочие места пользователей для автоматизированного решения большинства производственных задач, стоящих перед специалистами маркшейдерской службы – от участкового маркшейдера на руднике до начальника маркшейдерской службы ПАО «Уралкалий» [16–20]. Модульная структура

программных комплексов позволяет оснащать рабочее место функциональными возможностями в соответствии с запросами конкретного пользователя. Программные модули, входящие в состав программного комплекса «АРМ-маркшейдера», с активной опцией «Закладочные работы» показаны на рис. 1.

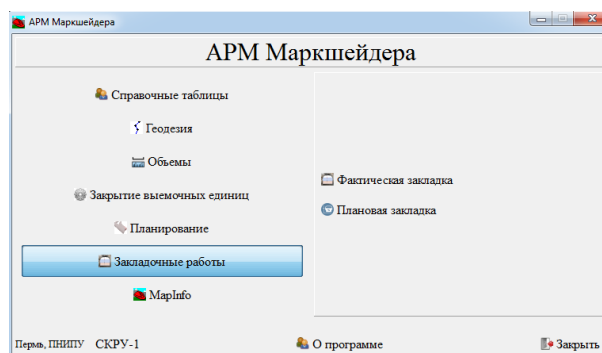


Рис. 1. Панель выбора программных модулей в составе «АРМ-маркшейдера»

Работа программных модулей построена на основе архитектуры «клиент-сервер» с использованием протокола TCP/IP, под управлением операционной системы Windows, не ниже седьмой версии. В качестве СУБД используется Oracle 12c (12.1.0.1). На момент написания статьи данные по всем программным модулям различных программных комплексов хранятся в 420 связанных между собой таблицах. Следует отметить, что в будущем, для удешевления проекта по созданию ГГИС ПАО «Уралкалий», рассматривается возможность перехода на свободно распространяемую СУБД PostgreSQL (Postgres Pro Standard).

Графическая визуализация производится на цифровых слоях в свободной геоинформационной системе QGIS, которая поддерживает работу с форматами векторных файлов GeoJSON, shape-файлы ESRI, MapInfo, SDTS (Spatial Data Transfer Standard), GML (Geography Markup Language) и др., а также с форматами растровых файлов и графиков GeoTIFF, Erdas IMG, ArcInfo ASCII Grid, JPEG, PNG и др. Правила работы с цифровой графической документацией определены в разработанном авторами классификаторе объектов цифровых планов и карт для масштабов от 1:500 до 1:10 000 [21].

Для написания программных кодов модулей использовался язык программирования C++.

**Интерфейсные решения.** При разработке программного модуля «Закладка-2» были учтены пожелания пользователей о сохранении интерфейсных решений в соответствии с предыдущей версией данной программы.

Поэтому, несмотря на внесенные в них изменения, структура большинства рабочих окон осталась прежней. Примеры основных информационных окон с внесенными в них изменениями представлены на рис. 2–4.

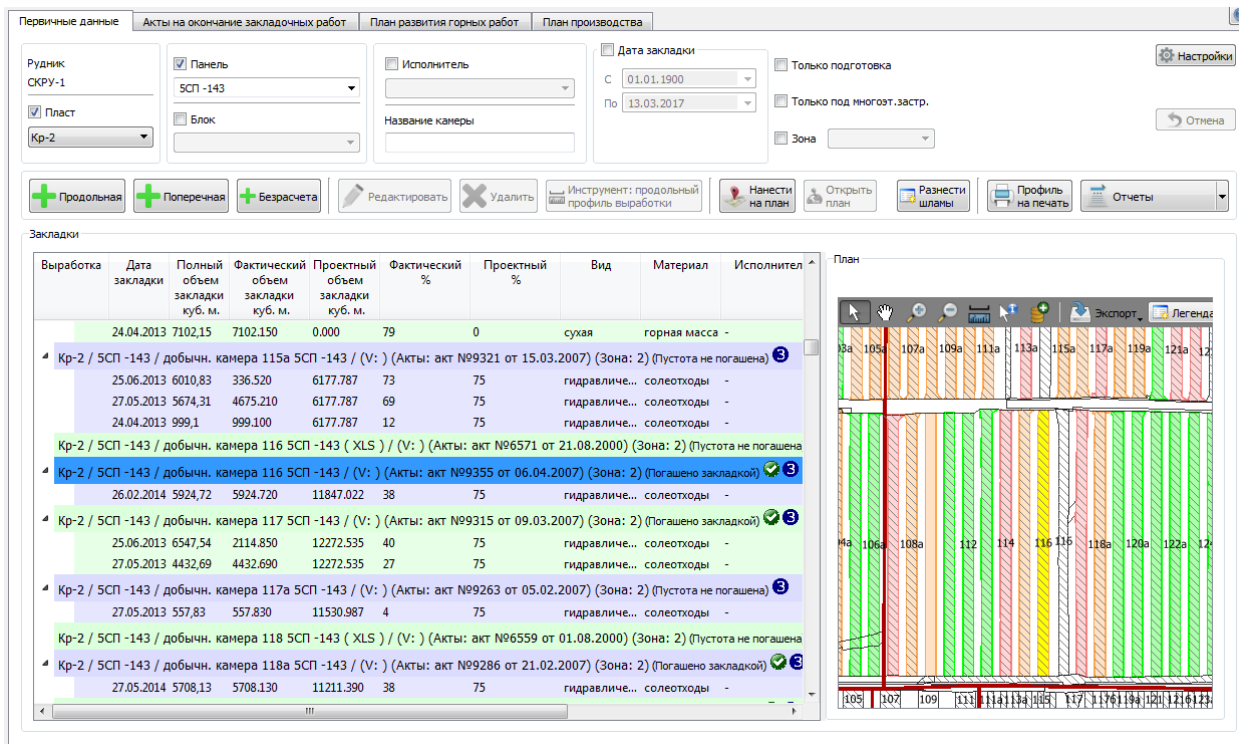


Рис. 2. Главное окно программы

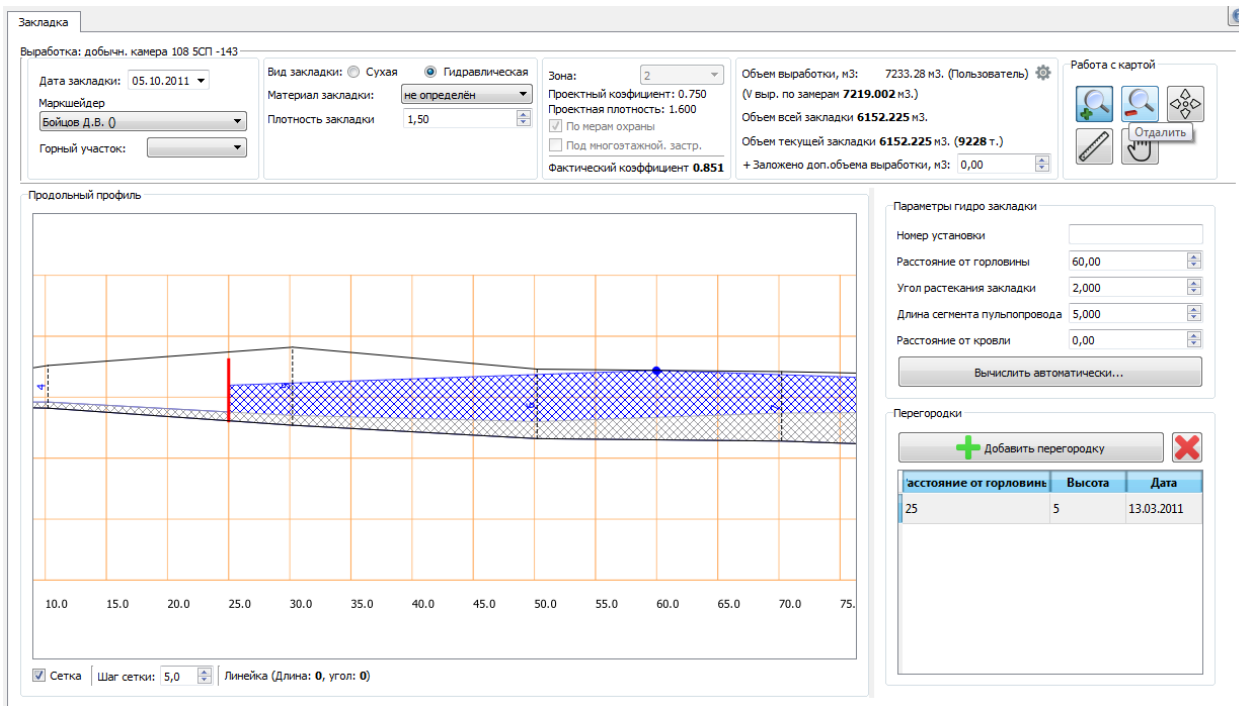


Рис. 3. Окно расчета объемов закладки горных выработок по продольным сечениям с учетом перемычек в разные даты маркшейдерских замеров

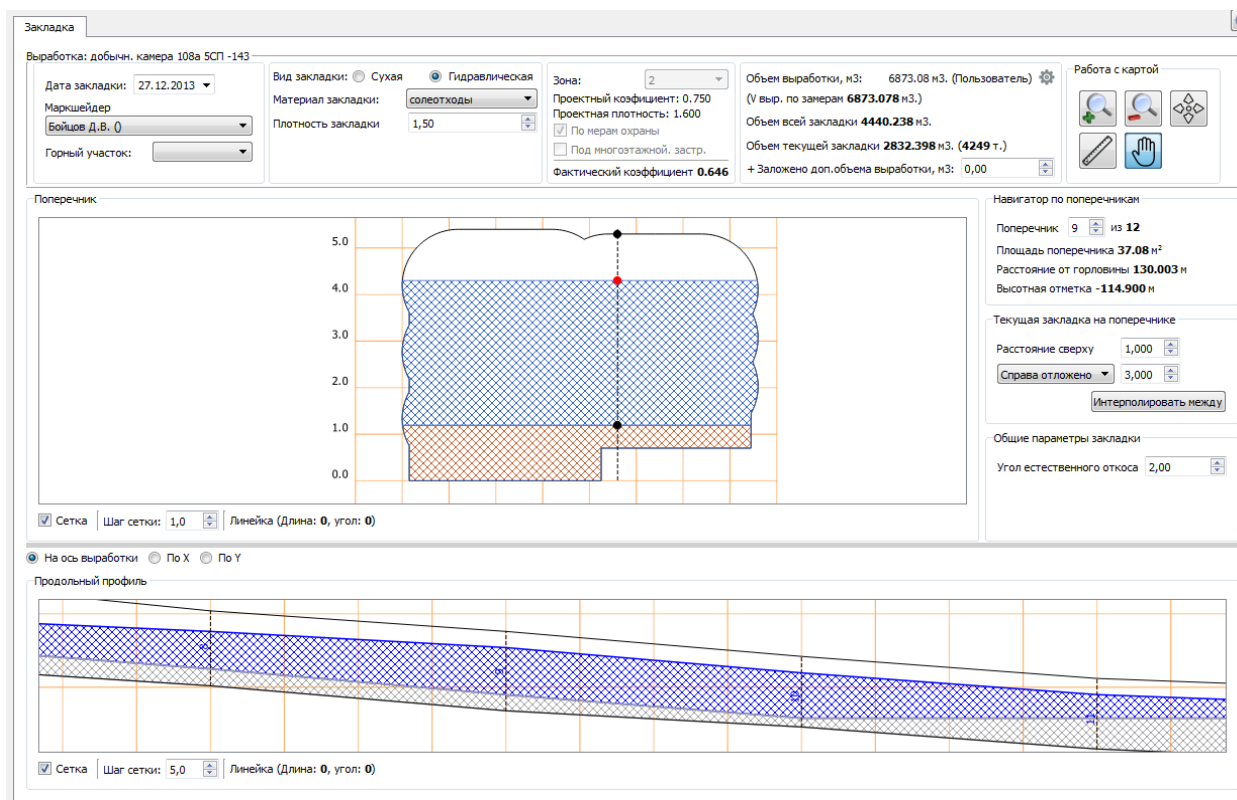


Рис. 4. Окно расчета объемов закладки горных выработок по поперечным сечениям в разные даты маркшейдерских замеров

Подробное описание функциональных возможностей рабочих окон, представленных на рис. 2–4, а также других окон, используемых в данной программе, приведено в [22].

**Отчетная документация.** Как уже отмечалось, в соответствии с приказом по ПАО «Уралкалий» и во исполнение требований новых нормативных документов [13, 14] существенно расширен список формируемых отчетных документов по закладке выработанного пространства и подземным пустотам. Общее количество создаваемых отчетных документов увеличено с 5 до 13 таблиц. Для реализации автоматизированного составления этих форм в программном модуле «Закладка-2» потребовалось осуществить анализ наличия данных по геометрическим параметрам горных выработок и объемам их закладки в таблицах СУБД Oracle по всем действующим рудникам ПАО «Уралкалий». Результаты анализа показали, что только по руднику СКРУ-1 отсутствует необходимая информация по выработкам, пройденным в период с 1934 до 2007 г. Таким образом, для составления требуемой отчетной документации

по закладке были занесены в таблицы СУБД данные по 10 607 камерам.

В заключение необходимо отметить, что программный модуль «Закладка-2» создавался с учетом его адаптации к формируемой горно-геологической информационной системе ПАО «Уралкалий». Создание и использование горно-геологических информационных и интеллектуальных систем нашли широкое распространение на крупных горно-добывающих предприятиях США, Германии, Австралии и др. [23–28]. В России на отдельных горно-добывающих предприятиях также ведутся работы в этом направлении (ГМК «Норильский никель», ПАО «Уралкалий», Кольская ГМК горно-металлургическая компания др.).

Создание ГИС ПАО «Уралкалий» ведется при непосредственном участии авторов статьи. Система предусматривает в своем составе 21 автоматизированное рабочее место различных специалистов горного производства (горняки, геологи, маркшейдеры, геофизики, геомеханики, экологи и др.), начиная от первичного звена на рудниках и кончая руководством ПАО «Уралкалий» [29–35].

**Библиографический список**

1. Ведение горных работ на рудниках Верхнекамского калийного месторождения: метод. руководство / В.А. Соловьев [и др.]; под общ. ред. В.А. Соловьева. – М.: Недра, 1992. – 467 с.
2. Борзаковский Б.А., Папулов Л.М. Закладочные работы на Верхнекамских калийных рудниках. – М.: Недра, 1994. – 234 с.
3. Голик В.И., Лукьянов В.Г. Обоснование возможности уменьшения потерь в целиках за счет подпора твердеющими смесями // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – № 12. – С. 31–36.
4. Константинова С.А., Ваулин И.Б. Влияние закладки выработанного пространства на напряженно-деформированное состояние карналлитовых междукамерных целиков // Изв. Тульск. гос. ун-та. Науки о Земле. – 2012. – № 1. – С. 71–76.
5. Lautenbach T. Bookmark of underground cavities by means of reciprocating pumps // Gluckauf. – 2006. – № 4. – P. 40–44.
6. Barrett J.R., Coulthard M.A., Dight P.M. Determination of fill STABILITY, mining with backfill // 12<sup>th</sup> Canadian Rock Mechanics Symposium. – 1978. – Special vol. 19. – P. 85–91.
7. Nantel J.H. Recent developments and trends in backfill practices in Canada // Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Symposium on Mining with Backfill / Australasian Institute of Mining and Metallurgy. – Brisbane, 1998. – P. 11–14.
8. Bloss M.L. Evolution of cemented rock fill at mount Isa Mines Limited // Mineral Resources Engineering. – 1996. – Vol. 5, № 1. – P. 23–43. DOI: 10.1142/S0950609896000042
9. Шкуратский Д.Н., Русаков М.И. Использование отходов производства калийных удобрений в породных смесях для закладки выработанных пространств // Изв. Тульск. гос. ун-та. Науки о Земле. – 2015. – № 3. – С. 87–97.
10. Борзаковский Б.А., Русаков М.И., Алыменко Д.Н. Оценка эффективности закладочных работ на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей // Горный журнал. – 2012. – № 8. – С. 125–127.
11. Хакурате А.М., Вертячих К.С. Аспекты применения закладки в зарубежной и отечественной практике подземной разработки руд // Горно-информационный аналитический бюллетень: научно-технический журнал. – 2002. – Вып. 10. – С. 1–5, 88–92.
12. Palarski J. The use of fly ash, tailings, rock and binding agents as consolidated backfill for coal mines // In Proc. Minefill 93 / Ed. H.W. Glen. – Johannesburg: South African Institute of Mining and Metallurgy, 1993. – P. 403–408.
13. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей / ГИ УрО РАН. – СПб., 2014. – 126 с.
14. Методические рекомендации к «Указаниям по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов на Верхнекамском месторождении калийно-магниевого солей» / ГИ УрО РАН. – СПб., 2014. – 65 с.
15. Кутовой С.Н., Катаев А.В., Ефимов Е.М. Автоматизация маркшейдерского обслуживания закладочных работ на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей // Маркшейдерский вестник. – 2008. – № 4. – С. 22–27.
16. Кутовой С.Н., Круглов Ю.В. Автоматизация планирования горных работ на базе цифровых маркшейдерских планов // Наука производству. – 2002. – № 4. – С. 5–7.
17. Автоматизированное рабочее место маркшейдера на базе цифровых планов горных работ / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, А.В. Телицын, Е.В. Нестеров, М.В. Гилев // Маркшейдерский вестник. – 2003. – № 2. – С. 28–31.
18. Катаев А.В., Кутовой С.Н., Кутырев В.Ф. Опыт создания ГИС геолого-маркшейдерской службы // Геопрофи. – 2004. – № 6. – С. 5–7.
19. Автоматизация маркшейдерских вычислений и их графического оформления на цифровых планах горных работ / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, А.В. Телицын, Е.В. Нестеров // Наука производству. – 2003. – № 10. – С. 24–31.
20. Эксплуатационные потери и разубоживание в информационной системе ОАО «Сильвинит» / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, Е.М. Ефимов, М.В. Гилев // Маркшейдерский вестник. – 2009. – № 3. – С. 36–40.
21. Методика создания цифровых маркшейдерских планов для рудников Верхнекамского месторождения калийных солей / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, А.О. Киселев, С.А. Кислухина, М.В. Гилев // Проблемы формирования и комплексного освоения месторождений солей: VI солевое совещание: материалы междунар. конф. – Соликамск, 2000. – С. 82–84.
22. Развитие рабочего места участкового маркшейдера, рабочего места маркшейдера отдела капитальных маркшейдерских работ, поддержка и развитие программных модулей обеспечения геомеханических расчетов: отчет о работе. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – 69 с.
23. Литвинов А.Г. Технология разработки интеллектуальных геоинформационных систем горно-промышленных комплексов: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2006. – 152 с.
24. Waterman D.A. A guide to expert systems. – Reading, MA: Addison-Wesley, 1986. – 419 p.
25. Anil K.J., Jianchang Mao, Mohiuddin K.M. Artificial neural networks: a tutorial [Электронный ресурс] // Computer. – 1996. – Vol. 29, № 3. – P. 31–34. – URL: [http://www.cogsci.ucsd.edu/~ajyu/Teaching/Cogs202\\_sp12/Readings/jain\\_ann96.pdf](http://www.cogsci.ucsd.edu/~ajyu/Teaching/Cogs202_sp12/Readings/jain_ann96.pdf) (дата обращения: 12.01.2017).
26. Barnes M.P. Drill-hole interpolation: estimating mineral inventory // Open pit Mine Planning and Design. – New York, 1979. – P. 65–80.
27. Mitchell T.M. Version spaces: an approach to concept learning. Ph.D. thesis, STAN-CS-78-711. – Stanford University, Palo Alto, CA, 1978.

28. Doyle J. Truth maintenance systems for problem solving // *Proceedings of the Fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-77)*. – Cambridge, Massachusetts, 1977. – P. 247.

29. Катаев А.В., Кутовой С.Н. Разработка концепции информационной системы ОАО «Сильвинит» // *Маркшейдерский вестник*. – 2003. – № 2. – С. 21–25.

30. Создание горно-геологической информационной системы горных предприятий / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, Е.М. Ефимов, Д.А. Мейстер // *Рудник будущего*. – 2014. – № 3 – 4. – С. 38–49.

31. Создание горно-геологической информационной системы ПАО «Уралкалий» [Электронный ресурс] / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, Е.М. Ефимов, Д.А. Мейстер // *Исследовано в России*. – 2014. – С. 26–31. – URL: <http://trud.igduran.ru/edition/9> (дата обращения: 12.01.2017).

32. Катаев А.В., Кутовой С.Н. Разработка модели геологической среды для рудников Верхнекамского

месторождения калийных солей // *Маркшейдерский вестник*. – 2003. – № 2. – С. 25–27.

33. Катаев А.В., Кутовой С.Н. Решение задач горной геомеханики на базе геологической модели массива // *Современные геомеханические методы в горной промышленности и подземном гражданском и туннельном строительстве: материалы междунар. геомеханической конф.* – Несебыр, Болгария, 2003. – С. 19–22.

34. Внедрение ГИС-технологий на калийных рудниках Урала / А.В. Катаев, С.Н. Кутовой, А.О. Киселев, Ю.В. Круглов // *Известия вуз(ов). Горный журнал*. – 2003. – № 2. – С. 111–116.

35. Кутовой С.Н. Расчет прогнозных оседаний земной поверхности с использованием интеграционных сеток на примере отработки Верхнекамского месторождения калийных солей // *Известия вуз(ов). Горный журнал*. – 2012. – № 7. – С. 37–44.

### References

1. Solov'ev V.A. et al. Vedenie gornyx rabot na rudnikakh Verkhnekamskogo kaliinogo mestorozhdeniia [Mining at the mines of the Verkhnekamsk potash deposit]. Moscow, Nedra, 1992, 467 p.

2. Borzakovskii B.A., Papulov L.M. Zakladochnye raboty na Verkhnekamskikh kaliinykh rudnikakh [Lining at the Verkhnekamsk potash mines]. Moscow, Nedra, 1994, 234 p.

3. Golik V.I., Luk'ianov V.G. Obosnovanie vozmozhnosti umen'sheniia poter' v tselikakh za schet podpora tverdeiushchimi smesiami [Substantiation of the possibility of reducing losses in the pillars due to backing by hardening mixtures] *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 2015, no.12, pp.31-36.

4. Konstantinova S.A., Vaulin I.B. Vliianie zakladki vyrabotannogo prostranstva na napriazhenno-deformirovannoe sostoianie kamallitovykh mezhdukamernykh tselikov [Influence of a bookmark of the worked out space on the stress-strain state of carnallite interlocking pillars]. *Izvestiia Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*, 2012, no.1, pp.71-76.

5. Lautenbach T. Bookmark of underground cavities by means of reciprocating pumps. *Gluckauf, GVSt*, North Rhine-Westphalia, Herne, 2006, no.4, pp.40-44.

6. Barrett J.R., Coulthard M.A., Dight P.M. Determination of fill stability, mining with backfill. *12<sup>th</sup> Canadian Rock Mechanics Symposium*, Sudbury, Ontario, May 23-25, 1978, CIM Special vol. 19, pp.85-91.

7. Nantel J.H. Recent developments and trends in backfill practices in Canada. *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Symposium on Mining with Backfill*, Brisbane, Australia, 14-16 April, Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 1998, pp.11-14.

8. Bloss M.L. Evolution of cemented rock fill at mount Isa Mines Limited. *Mineral Resources Engineering*, 1996, vol.5, no.1, pp.23-43. DOI: 10.1142/S0950609896000042

9. Shkuratskii D.N., Rusakov M.I. Ispol'zovanie otkhodov proizvodstva kaliinykh udobrenii v porodnykh smesiakh dlia zakladki vyrabotannykh prostranstv [The use of wastes from the production of potash fertilizers in rock mixtures to lay waste spaces]. *Izvestiia Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle*, 2015, no.3, pp.87-97.

10. Borzakovskii B.A., Rusakov M.I., Alymenko D.N. Otsenka effektivnosti zakladochnykh rabot na rudnikakh Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Evaluation of the efficiency of filling operations at the mines of the Verkhnekamskoye potassium salt deposit]. *Gornyi zhurnal*, 2012, no.8, pp.125-127.

11. Khakurate A.M., Vertiachikh K.S. Aspekty primeniia zakladki v zarubezhnoi i otechestvennoi praktike podzemnoi razrabotki rud [Aspects of application of the bookmark in foreign and domestic practice of underground mining of ores]. *Gorno-informatsionnyi analiticheskii biulleten': nauchno-tekhnicheskii zhurnal*, 2002, iss.10, pp.1-5, 88-92.

12. Palarski J. The use of fly ash, tailings, rock and binding agents as consolidated backfill for coal mines. *In Proc. Minefill*, South African Institute of Mining and Metallurgy. Ed. H.W. Glen. Johannesburg, 1993, pp.403-408.

13. Ukazaniia po zashchite rudnikov ot zatopleniia i okhrane podrabatyvaemykh ob"ektov v usloviakh Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Guidelines for mine protection against flooding and security of operating territories in the conditions of Verkhnekamsk field of potassium salts]. Saint Petersburg, Gornyi institut UrO RAN, 2014, 126 p.

14. Metodicheskie rekomendatsii k "Ukazaniiam po zashchite rudnikov ot zatopleniia i okhrane podrabatyvaemykh ob"ektov na Verkhnekamskom mestorozhdenii kaliino-magnievykh solei" [Methodical recommendations to "Guidelines for mine protection against flooding and security of operating territories in the conditions of Verkhnekamsk field of potassium and magnesium salts"]. Saint Petersburg, Gornyi institut UrO RAN, 2014, 65 p.

15. Kutovoi S.N., Kataev A.V., Efimov E.M. Avtomatizatsiia marksheiderskogo obsluzhivaniia zakladochnykh rabot na rudnikakh Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Automation of surveying services for laying works at the mines of the Verkhnekamsk deposit of potassium salts]. *Marksheiderskii vestnik*, 2008, no.4, pp.22-27.



16. Kutovoi S.N., Kruglov Iu.V. Avtomatizatsiia planirovaniia gornykh rabot na baze tsifrovyykh marksheiderskikh planov [Automation of mining planning based on digital surveying plans]. *Nauka proizvodstvu*, 2002, no.4, pp.5-7.
17. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Telitsyn A.V., Nesterov E.V., Gilev M.V. Avtomatizirovannoe rabochee mesto marksheidera na baze tsifrovyykh planov gornykh rabot [Automated workplace surveyor based on digital mining plans]. *Marksheiderskii vestnik*, 2003, no.2, pp.28-31.
18. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Kutyrev V.F. Opyt sozdaniia GIS geologo-marksheiderskoi sluzhby [The experience of creating a GIS geological survey service]. *Geoprofi*, 2004, no.6, pp.5-7.
19. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Telitsyn A.V., Nesterov E.V. Avtomatizatsiia marksheiderskikh vychislenii i ikh graficheskogo oformleniia na tsifrovyykh planakh gornykh rabot [Automation of mine surveying and their graphic design on digital mining plans]. *Nauka proizvodstvu*, 2003, no.10, pp.24-31.
20. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Efimov E.M., Gilev M.V. Ekspluatatsionnye poteri i razubozhivanie v informatsionnoi sisteme OAO «Sil'vinit» [The operational losses and dilution in the information system of OJSC «Silvinit»]. *Marksheiderskii vestnik*, 2009, no.3, pp.36-40.
21. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Kiselev A.O., Kislukhina S.A., Gilev M.V. Metodika sozdaniia tsifrovyykh marksheiderskikh planov dlia rudnikov Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Method for creating digital surveying plans for the mines of the Verkhnekamsk potassium salt deposit]. *Problemy formirovaniia i kompleksnogo osvoeniia mestorozhdenii solei. VI solevoe soveshchanie: materialy mezhdunarodnoi konferentsii*. Solikamsk, 2000, pp.82-84.
22. Razvitie rabochego mesta uchastkovogo marksheidera, rabochego mesta marksheidera otdela kapital'nykh marksheiderskikh rabot, podderzhka i razvitie programmnykh modulei obespecheniia geomekhanicheskikh raschetov: otchet o rabote [Development of workplace of local surveyor, workplace of surveyor of the department of capital surveying, support and development of software modules for geomechanical calculations: a report on the work]. Perm', Izdatel'stvo Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta, 2016, 69 p.
23. Litvinov A.G. Tekhnologiia razrabotki intellektual'nykh geoinformatsionnykh sistem gorno-promyshlennykh kompleksov [The technology of development of intellectual geoinformation systems of mining complexes]. Doctor's degree dissertation. Moscow, 2006, 152 p.
24. Waterman D.A. A guide to expert systems. Reading, MA: Addison-Wesley, 1986, 419 p.
25. Anil K.J., Jianchang Mao, Mohiuddin K.M. Artificial neural networks: a tutorial. Computer, 1996, vol.29, no.3, pp.31-34, available at: [http://www.cogsci.ucsd.edu/~ajyu/Teaching/Cogs202\\_sp12/Readings/jain\\_ann96.pdf](http://www.cogsci.ucsd.edu/~ajyu/Teaching/Cogs202_sp12/Readings/jain_ann96.pdf) (accessed: 12 January 2017).
26. Barnes M.P. Drill-hole interpolation: estimating mineral inventory. *Open pit Mine Planning and Design*. New York, 1979, pp.65-80.
27. Mitchell T.M. Version spaces: an approach to concept learning. Ph.D. thesis, STAN-CS-78-711, Stanford University, Palo Alto, CA, 1978.
28. Doyle J. Truth maintenance systems for problem solving. *Proceedings of the Fifth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-77)*, Cambridge, Massachusetts, 1977, p. 247.
29. Kataev A.V., Kutovoi S.N. Razrabotka kontseptsii informatsionnoi sistemy OAO «Sil'vinit» [Development of the concept of the information system of OJSC Silvinit]. *Marksheiderskii vestnik*, 2003, no.2, pp.21-25.
30. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Efimov E.M., Meister D.A. Sozdanie gorno-geologicheskoi informatsionnoi sistemy gornykh predpriatii [Creation of a mining and geological information system of mining enterprises]. *Rudnik budushchego*, 2014, no.3-4, pp.38-49.
31. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Efimov E.M., Meister D.A. Sozdanie gorno-geologicheskoi informatsionnoi sistemy PAO «Uralkalii» [Creation of the mining and geological information system of PJSC Uralkali]. *Issledovano v Rossii*, 2014, pp.26-31, available at: <http://trud.igduran.ru/edition/9> (accessed 12 January 2017).
32. Kataev A.V., Kutovoi S.N. Razrabotka modeli geologicheskoi sredy dlia rudnikov Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Development of a model of the geological environment for the mines of the Verkhnekamsk deposit of potassium salts]. *Marksheiderskii vestnik*, 2003, no.2, pp.25-27.
33. Kataev A.V., Kutovoi S.N. Reshenie zadach gornoj geomekhaniki na baze geologicheskoi modeli massiva [Solving the problems of mining geomechanics based on the geological model of the massif]. *Sovremennye geomekhanicheskie metody v gornoi promyshlennosti i podzemnom grazhdanskom i tunnel'nom stroitel'stve: materialy mezhdunarodnoi geomekhanicheskoi konferentsii*. Nesebyr, Bolgariia, 2003, pp.19-22.
34. Kataev A.V., Kutovoi S.N., Kiselev A.O., Kruglov Iu.V. Vnedrenie GIS-tekhnologii na kaliinykh rudnikakh Urala [Introduction of GIS-technologies at the potash mines of the Urals]. *Izvestiia vuz(ov). Gornyi zhurnal*, 2003, no.2, pp.111-116.
35. Kutovoi S.N. Raschet prognoznykh osedanii zemnoi poverkhnosti s ispol'zovaniem integratsionnykh setok na primere otrabotki Verkhnekamskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [Calculation of predicted subsidence of the earth's surface using integration grids for the example of working off the Verkhnekamsk potassium salt deposit]. *Izvestiia vuz(ov). Gornyi zhurnal*, 2012, no.7, pp.37-44.

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Опыт работ по автоматизации обработки маркшейдерских замеров закладки выработанного пространства на рудниках ПАО «Уралкалий» / С.Н. Кutowой, А.В. Катаев, Д.А. Васенин, Е.М. Ефимов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2017. – Т.16, №2. – С.174–182. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.2.8

Please cite this article in English as:

Kutovoi S.N., Kataev A.V., Vasenin D.A., Efimov E.M. Work experience on automation of processing of survey measurements of backfill of mines of Uralkali PJSC. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2017, vol.16, no.2, pp.174-182. DOI: 10.15593/2224-9923/2017.2.8