

УДК 66.012-52

**А.Г. Шумихин, М.В. Ваталева, А.В. Попова**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь, Россия**ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ  
ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ ТАМПОНАЖНЫХ СМЕСЕЙ  
В НПФ «МОНОЛИТ» НА БАЗЕ PDM-СИСТЕМЫ**

*Рассмотрены вопросы создания единого информационного пространства для управления стадиями жизненного цикла сухой тампонажной магнезиальной смеси для цементирования обсадных колонн нефтяных и газовых скважин и ожидаемые результаты от внедрения PDM-системы ЛОЦМАН: PLM в научно-производственной организации НПФ «Монолит», производящей смесь.*

*Применение PDM-системы для управления процессами жизненного цикла упрощает, ускоряет и оптимизирует технический, технологический и деловой документооборот на всех стадиях жизненного цикла сухой тампонажной магнезиальной смеси. Все участники, осуществляющие деятельность по разработке, производству и применению сухих тампонажных смесей на всех стадиях их жизненного цикла, имеют возможность «отследить» интересующие их документы в любой момент времени для использования при принятии решений по управлению. Для реализации задач автоматизации документооборота в НПФ «Монолит» используется PDM-система на базе ЛОЦМАН: PLM. При разработке PDM-системы были рассмотрены основные бизнес-процессы, протекающие на предприятии. Процессный подход при оптимизации жизненного цикла сухой тампонажной магнезиальной смеси позволяет четко и наглядно распределить все функции между участниками жизненного цикла, что позволяет заметно сократить время на выполнение отдельных операций.*

*В PDM-системе интегрируется информация бизнес-процессов, включающая в себя разработку, производство и применение сухой тампонажной магнезиальной смеси, и вся необходимая документация, участвующая в жизненном цикле сухой тампонажной магнезиальной смеси, позволяющая руководству и другим работникам организации непосредственно участвовать в доступных бизнес-процессах в рамках единого информационного пространства, вести регулярный оперативный контроль и производить оценку действий персонала.*

**Ключевые слова:** нефтяные и газовые скважины, тампони-  
рование, тампонажные смеси, жизненный цикл, процессы, техни-  
ческий документооборот, автоматизация.

**A.G. Shumikhin, M.V. Vataleva, A.V. Popova**

Perm National Research Polytechnic University,  
Perm, Russian Federation

**EXPERIENCE IN DEVELOPING AND IMPLEMENTATION  
THE SYSTEM INFORMATION SUPPORT  
IN THE PRODUCTION OF DRY BACKFILL MIXTURES  
IN SPC "MONOLIT" BASED PDM-SYSTEM**

*The paper deals with the creation of a unified information space for managing stages of the life cycle of dry mixtures of magnesia cement for casing cementing oil and gas wells and the expected results from the implementation of the PDM-system LOTSMAN: PLM in the scientific and industrial organization SPC "Monolit" producing mixture.*

*Application of PDM-system for managing lifecycle processes simplifies, accelerates and optimizes the technical, technological and business workflow at all stages of dry mixtures of magnesia cement lifecycle. All participants engaged in the development, production and application of dry backfill mixes in all phases of their life cycle, have the ability to "track" the documents they are interested at any time for use in making management decisions. To implement workflow automation tasks in the SPC "Monolit" used PDM-system based on the LOTSMAN: PLM. In the development of the PDM-system have been describes the main business processes at the company. Process approach in optimizing the life cycle of dry mixtures of magnesia cement allows a clear and evidently allocate functions among all lifecycle participants, which allows significantly reduce the time to perform certain operations.*

*In the PDM-system integrates the information of business processes, including the development, production and application of dry mixtures of magnesia cement, and all the necessary documentation involved in the life cycle of dry mixtures of magnesia cement, allowing the management and other employees of the organization directly involved in the availability of business processes a single information space, to conduct regular operational control and evaluate staff activities.*

**Keywords:** oil and gas wells, plugging, plugging mix, life cycle, processes, technical workflow, automation.

В научно-производственной организации «Монолит» производятся сухие магнезиальные тампонажные смеси, используемые для приготовления растворов при цементировании обсадных колонн нефтяных и газовых скважин [1–3]. В общем случае жизненный цикл (ЖЦ) сухих магнезиальных тампонажных смесей (СМТС) для научно-производственной организации, какой является НПФ «Монолит», включает в себя следующие стадии их разработки, производства и применения:

1. Маркетинговые исследования, в том числе поиск рынков сбыта и поставщиков компонентов.

2. Поступление заказа (-ов).

3. Разработка продукции, включающая в себя лабораторное смешивание компонентов, оценку характеристик и показателей качества смеси, оптимизацию рецептуры для получения смеси с заданными характеристиками и показателями качества.

4. Разработка технологии получения смеси с заданными характеристиками.

5. Закупка компонентов и, при необходимости, дополнительного оборудования, подготовка производства смеси.

6. Входной контроль компонентов.

7. Производство сухой магнезиальной смеси на предприятии с контролем качества и оценкой возможности его улучшения.

8. Упаковка и хранение готовой смеси на предприятии.

9. Отгрузка и доставка готовой смеси на скважину потребителю, хранение на месте доставки для цементирования обсадных колонн в скважинах.

10. Проведение исследований на месте использования смеси с целью оценки возможности улучшения характеристик смеси и оптимизации условий, определяющих ее сохранность.

11. Приготовление тампонажного раствора на скважинах и цементирование обсадных колонн.

12. Контроль и оценка качества тампонажного раствора и камня [6].

Создание смеси является технологически сложным процессом, требующим значительную часть времени уделять этапам, предваряющим производство, в частности этапу разработки рецептуры новой или уже существующей смеси. На рис. 1 представлена структура технологического процесса производства сухих тампонажных магнезиальных смесей.



Рис. 1. Структура технологического процесса производства сухих тампонажных смесей

С целью ликвидации осложнений при бурении скважины используют буровые растворы для тампонирувания скважины. Когда на скважине возникает потребность в буровом растворе, высылаются на предприятие заявка на создание сухой тампонажной магнезиальной смеси, из которой впоследствии приготавливается тампонажный раствор. Заявка поступает в лабораторию ПНИПУ, где разрабатывается и оптимизируется рецептура для каждой отдельной скважины. После этого созданная рецептура передается в производство, где необходимые компоненты перемешиваются в заданных пропорциях. Когда компоненты смеси будут перемешаны, берется проба, которая поступает в лабораторию для контрольных испытаний смеси на пригодность к использованию. При этом может возникнуть ситуация, когда показатели качества смеси не соответствуют заданным значениям. В этом случае лаборатория корректирует рецептуру и вновь передает ее на производство. Если при лабораторных исследованиях не выявлено отклонений показателей качества раствора, то дается заключение о пригодности смеси. После чего смесь отгружается для доставки на скважину.

Все процессы, протекающие на предприятии, в связи с многоассортиментностью по рецептуре производимых СМТС, должны быть гибкими, требующими минимизации затрат времени на производство

СМТС с другой рецептурой, т.е. информация, обращающаяся на всех стадиях жизненного цикла смеси, требует оперативной обработки.

В настоящее время процессы технического документооборота на стадиях жизненного цикла СМТС можно считать устаревшими по следующим причинам:

- вся документация хранится в электронном виде в папках индивидуальных пользователей на сервере и в бумажном виде – в папках в шкафах, что приводит к ее бессистемности и дублированию разными пользователями. Кроме того, после внесения изменения в какой-либо документ предыдущие сохраненные версии становятся неактуальными;

- заявки со скважины передаются в лабораторию по электронной почте или курьером, что приводит к частым задержкам, а иногда и к потере данных. Это во многом влияет на работу конечного адресата (оператора);

- доступ к документации открыт и при внесении в нее изменений каким-либо пользователем (например, злоумышленником) его невозможно отследить;

- архивы документов хранятся в бумажном виде, что не позволяет оперативно находить интересующую информацию;

- для функционального менеджмента с целью полноценного видения и дальнейшего анализа всей картины жизненного цикла СМТС требуется организация связи тематических групп исполнителей между собой.

Для реорганизации процессов документооборота и упрощения доступа к документам НПФ «Монолит» предложено использовать PDM-систему ЛОЦМАН: PLM, предназначенную для непрерывной информационной поддержки жизненного цикла продукции с целью повышения эффективности ее создания и использования, включающего в себя следующее:

1. Повышается качество продукции за счет более полного учета имеющейся информации при проектировании и принятии управленческих решений. Так, обоснованность решений, принимаемых в автоматизированной системе управления предприятием (АСУП), будет выше, если ЛПР (лицо, принимающее решение) и соответствующие программы АСУП имеют оперативный доступ не только к базе данных АСУП, но и к базам данных других автоматизированных систем (САПР, АСТПП и АСУТП), связанных через PDM-систему, и, следовательно,

могут оптимизировать планы работ, содержание заявок, распределение исполнителей, выделение финансов и т.п.

2. Сокращаются материальные и временные затраты на проектирование и изготовление продукции. Применение PDM-технологий позволяет существенно сократить объемы работ по проектированию продукции, так как описания ранее выполненных удачных разработок СМТС хранятся в базах данных сетевых серверов, доступных пользователю PDM-системы. Доступность обеспечивается согласованностью форматов, способов и руководств в разных частях интегрированной системы. Кроме того, появляются предпосылки для создания виртуального предприятия по производству, доставке, хранению на скважине и применению СМТС по назначению. Существенно снижаются затраты благодаря реализации функций интегрированной логистической поддержки продукции [5–7].

Модель деятельности предприятия по выпуску готовой тампонажной смеси и структуры потоков передачи информации до внедрения PDM-системы в обозначениях нотации IDEF0 структурного анализа представлена на рис. 2 [8, 9].

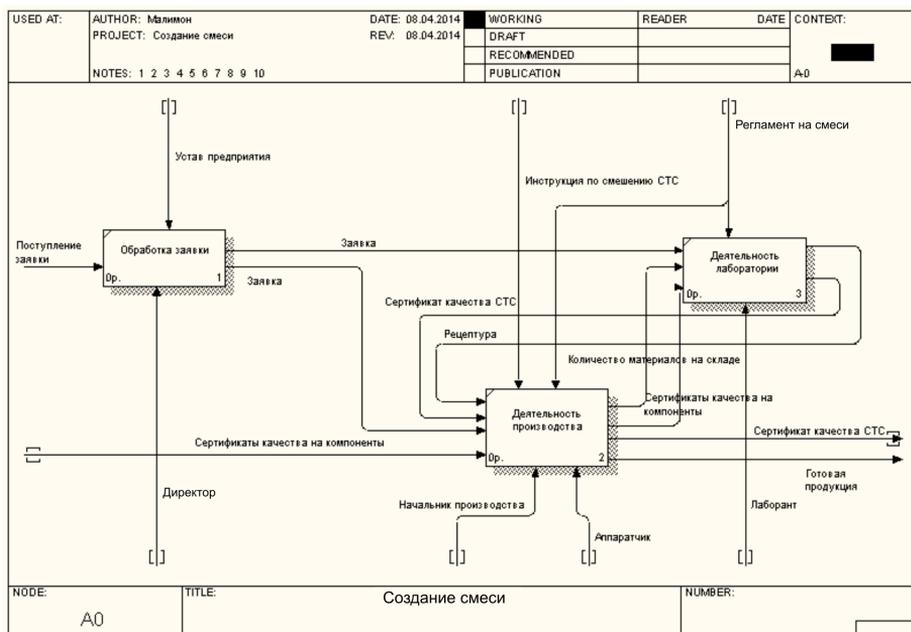


Рис. 2. Процессы деятельности по производству смеси без внедрения PDM-системы

Применение PDM-системы для передачи данных упрощает организацию документооборота на предприятии. Модель деятельности предприятия и потоков обрабатываемой информации с внедрением PDM-системы приведена на рис. 3.

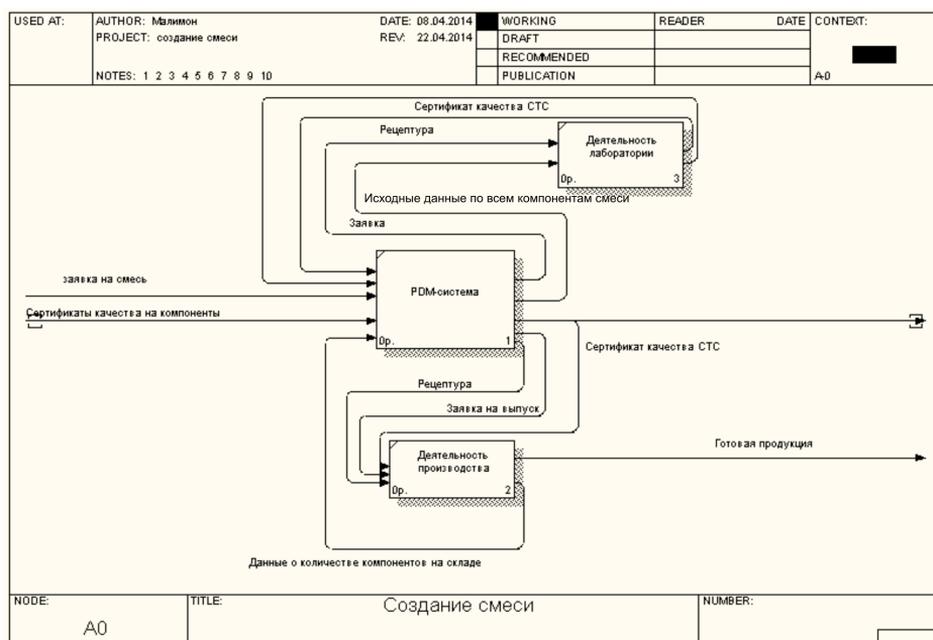


Рис. 3. Процессы деятельности по производству смеси с внедрением PDM-системы

Разрабатываемая PDM-система для НПФ «Монолит» открыта для развития функций. В настоящее время при создании PDM-системы закончен ряд работ. Иллюстрации некоторых работ представлены ниже:

1. Разработана база данных и ее резервная копия (рис. 4).

2. Созданы «пользователи» PDM-системы – работники НПФ «Монолит» и научно-исследовательской лаборатории ПНИПУ. Для начала работы с PDM-системой необходимо зайти в «Лоцман Администратор» и создать «пользователей» с раздачей им прав доступа к системе. В «Свойствах пользователя» указывается его личная папка для хранения документации. На рис. 5 показано окно «Пользователи» PDM-системы. Каждый пользователь в PDM-системе имеет свое уникальное имя, которое отображается на экране «Лоцман Администратор».

3. Созданы архивы для хранения архивных данных и резервных копий документации пользователей (рис. 6).

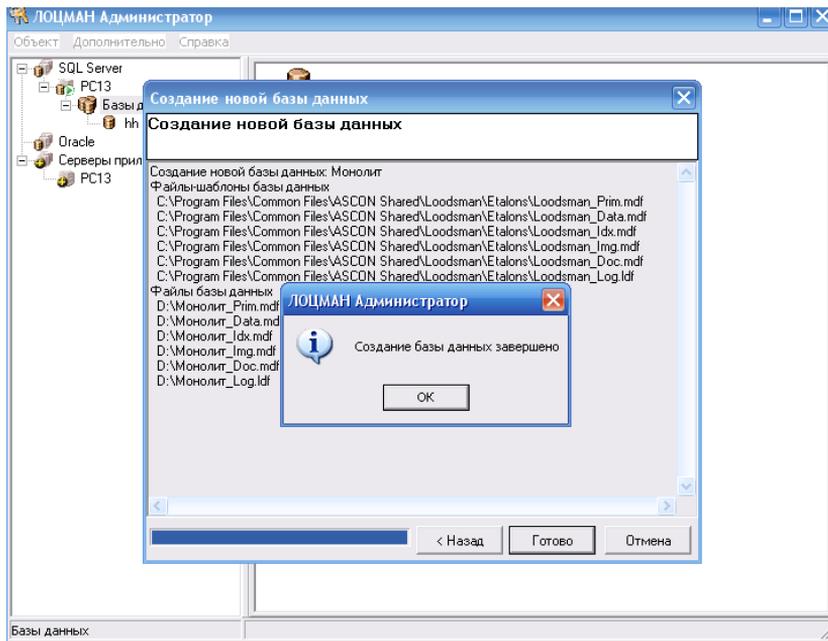


Рис. 4. Создание новой базы данных

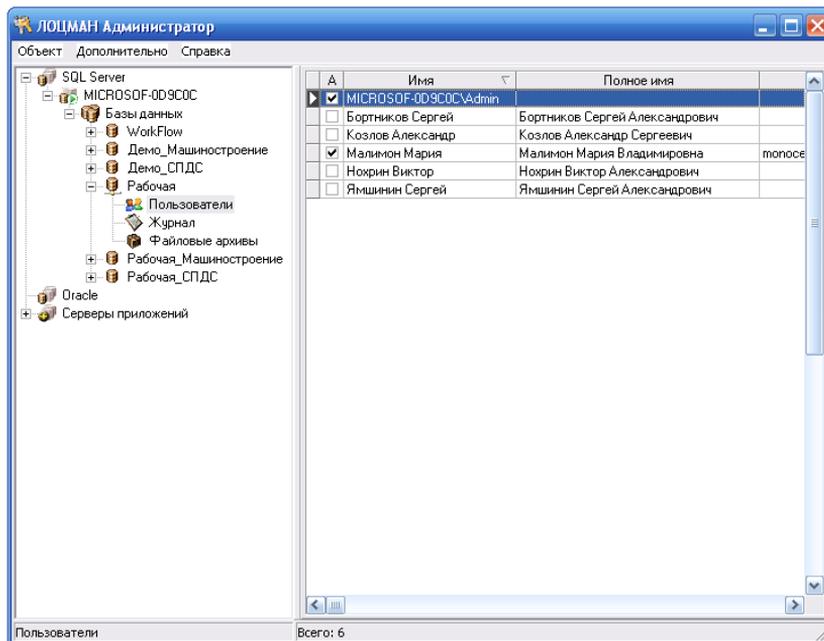


Рис. 5. Пользователи PDM-системы

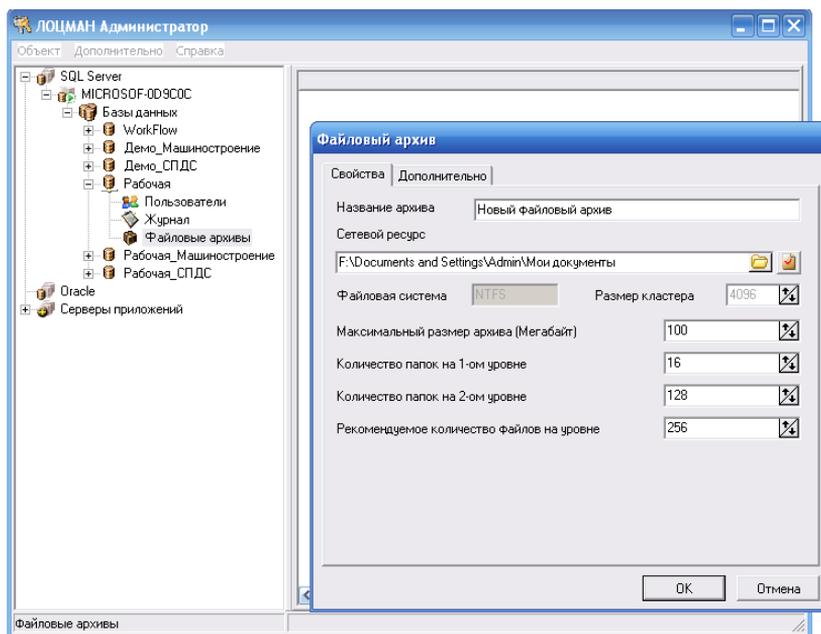


Рис. 6. Создание архива

4. Все пользователи распределены по группам (лаборатория, производство и т.д.) (рис. 7).

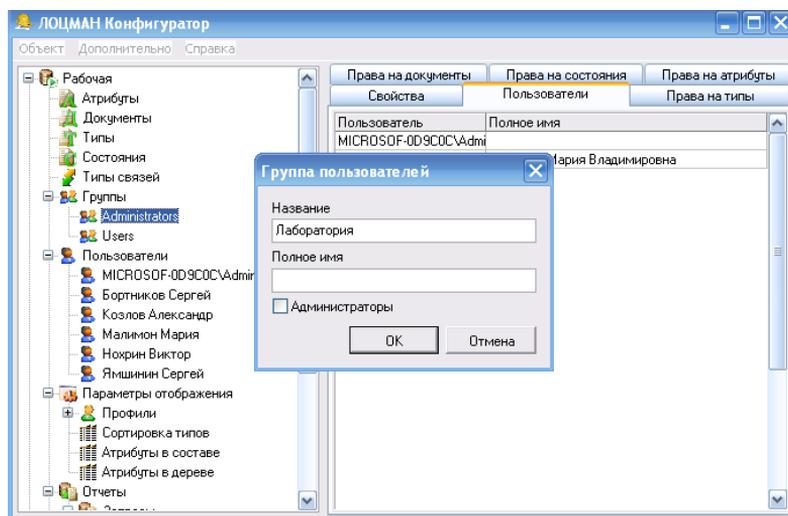


Рис. 7. Создание групп пользователей

5. Созданы атрибуты (например, версия документа) и состояния (проектирование, разработка) (рис. 8).

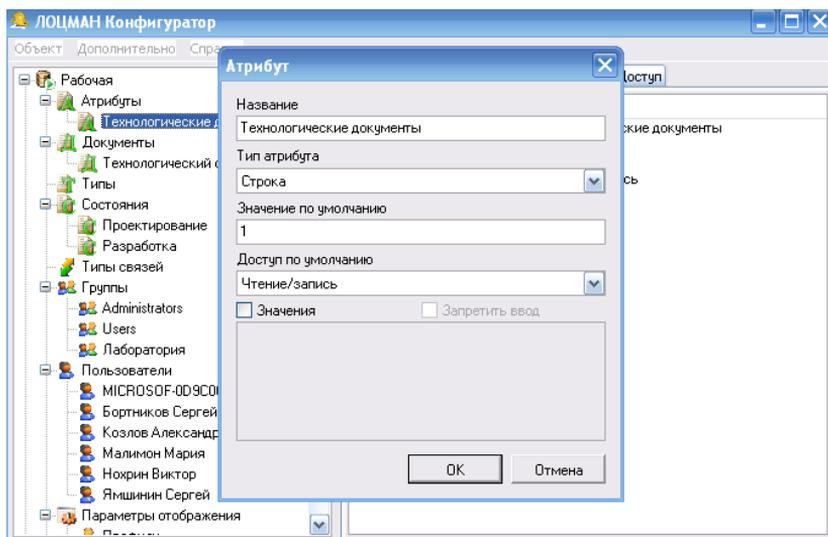


Рис. 8. Создание атрибута

6. Все пользователи, согласно организационной структуре предприятия, распределяются по отделам, каждому из них добавляется электронная подпись, права на файловые архивы (нет доступа, только чтение, чтение и редактирование) (рис. 9).

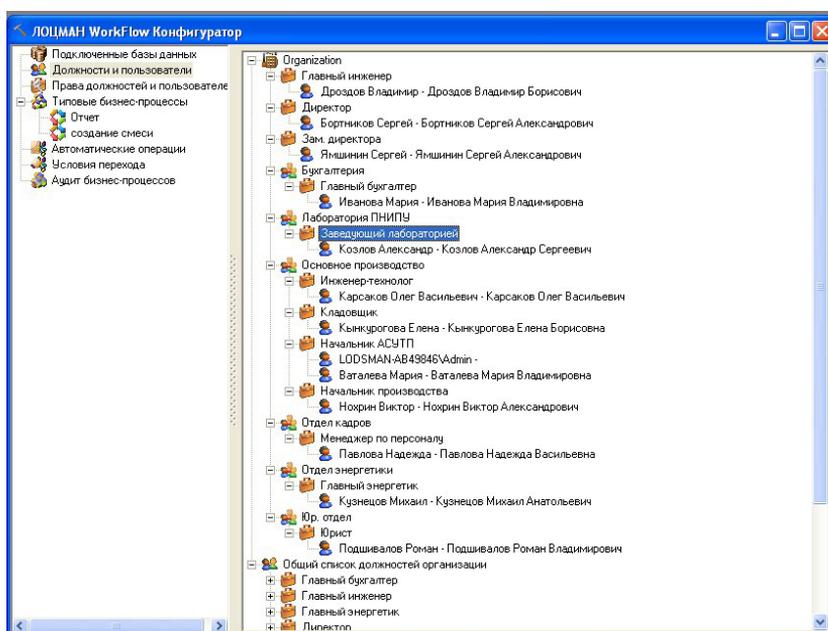


Рис. 9. Пользователи, разделенные по организационной структуре предприятия

7. Созданы бизнес-процессы (рис. 10). Необходимым пользователям добавлены права на создание, запуск и редактирование бизнес-процесса (рис. 11).

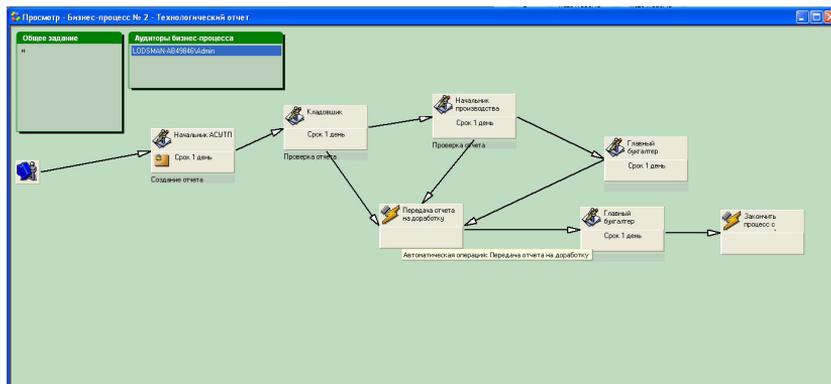


Рис. 10. Создание бизнес-процесса «Согласование отчета»

База данных и объект ЛОЦМАН	Задание	Дата поступления	Дата принятия	Критическая дата выполнения	Наименование бизнес-процесса	Инициатор бизнес-процесса
Должность: Начальник АСУТП						
Пользователь: (L0DSMAN-AB49846\Admin)						
БД: ВПР	Технологический отчет	03.02.2016 13:06:19		04.02.2016 13:06:19	Бизнес-процесс № 2	(L0DSMAN-AB49846\Admin)

Рис. 11. Полученные задания для пользователя «Admin»

С внедрением PDM-системы в настоящее время достигается следующее:

- вся документация хранится в едином информационном пространстве, причем каждый пользователь может просматривать и редактировать только определенные документы, к которым у него есть право доступа;
- значительно сокращаются затраты времени на процесс получения документов между удаленными пользователями (например, для передачи рецептуры на скважину оператору от заведующего лабораторией);
- передача документов начальнику производства осуществляется путем отправки ему электронного сообщения о появлении в информационной системе документа;
- все промежуточные документы хранятся в базе данных с указанием версии.

### Список литературы

1. Приготовление сухих смесей магнизиальных тампонажных материалов в стационарных условиях / Г.М. Толкачев [и др.] // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2008. – № 8. – С. 43–45.
2. Козлов А.С., Пастухов А.М. Тампонажный материал для цементирования обсадных колонн в интервалах многолетнемерзлых пород // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. – 2014. – № 10. – С. 42–48.
3. Магнизиальный тампонажный материал как альтернатива портландцементным тампонажным составам для повышения качества крепления скважин на Верхнечонском НГКМ / Г.М. Толкачев, А.С. Козлов, А.В. Анисимова, А.М. Пастухов // Бурение и нефть. – 2012. – № 12. – С. 32–37.
4. Шумихин А.Г., Малимон (Ваталева) М.В. Применение PDM-технологии при управлении жизненным циклом магнизиальных тампонажных смесей для цементирования нефтяных и газовых скважин // Южно-Сибирский научный вестник. – 2014. – № 2 (6). – С. 106–109.
5. Инновационный менеджмент: учеб. для вузов / А.Е. Абрамшин, Т.П. Воронина, О.П. Молчанова, Е.А. Тихонова, Ю.В. Шленов. – М.: Вита-Пресс, 2001. – 272 с.
6. Малимон (Ваталева) М.В., Шумихин А.Г. Планирование исследований при разработке рецептур и технологий гибкого производства сухих тампонажных магнизиальных смесей // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2014. – № 1. – С. 7–18.
7. Управление жизненным циклом продукции / А.Ф. Колчин, М.В. Овсянников, А.Ф. Стрекалов, С.В. Сумароков. – М.: Анахарсис, 2002. – 304 с.
8. Структурный анализ систем: IDEF-технологии / С.В. Черемных, И.О. Семенов, В.С. Ручкин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 208 с.
9. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии: практикум / С.В. Черемных, И.О. Семенов, В.С. Ручкин. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 192 с.

## References

1. Tolkachev G.M. [et al.]. Prigotovlenie sukhikh smesey magnezial'nykh tamponazhnykh materialov v statsionarnykh usloviyakh [Preparation of dry mixtures of magnesia cement materials in stationary conditions]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2008, no. 8, pp. 43–45.

2. Kozlov A.S., Pastukhov A.M. Tamponazhnyj material dlya tsementirovaniya obsadnykh kolonn v intervalakh mnogoletnemerzlykh porod [Oilwell material for casing cementing in permafrost intervals]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo*, 2014, no. 10, pp. 42–48.

3. Tolkachev G.M., Kozlov A.S., Anisimova A.V., Pastukhov A.M. Magnezialnyj tamponazhnyj material kak alternativa portlandtsementnym tamponazhnym sostavam dlya povysheniya kachestva krepleniya skvazhin na Verkhnechonskom NGKM [Magnesia plugging material as an alternative to Portland cement grouting compositions for improving the quality of well casing on VC NGKM]. *Burenie i neft*, 2012, no. 12, pp. 32–37.

4. Shumikhin A.G., Malimon (Vataleva) M.V. Primenenie PDM-tehnologii pri upravlenii zhiznennym tsiklom magnezial'nykh tamponazhnykh smesey dlya tsementirovaniya neftyanykh i gazovykh skvazhin [Application of the PDM-technology in managing the lifecycle of dry mixtures of magnesia cement for cementing oil and gas wells]. *Yuzhno-Sibirskij nauchnyj vestnik*, 2014, no. 2 (6), pp. 106–109.

5. Abrameshin A.E., Voronina T.P., Molchanova O.P., Tikhonova E.A., Shlenov Yu.V. Innovatsionnyj menedzhment [Innovation Management]. Moscow: Vita-Press, 2001. 272 p.

6. Malimon (Vataleva) M.V., Shumikhin A.G. Planirovanie issledovaniy pri razrabotke retseptur i tekhnologij gibkogo proizvodstva sukhikh tamponazhnykh magnezialnykh smesey [Planning investigations in the development of formulations and flexible production technologies of dry mixtures of magnesia cement]. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Khimicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya*, 2014, no. 1, pp. 7–18.

7. Kolchin A.F., Ovsyannikov M.V., Strekalov A.F., Sumarokov S.V. Upravlenie zhiznennym tsiklom produktsii [Life cycle management of products]. Moscow: Anakharsis, 2002. 304 p.

8. Cheremnykh S.V., Semenov I.O., Ruchkin V.S. Strukturnyj analiz system: IDEF-tekhnologii [Structural analysis of systems: IDEF-technology]. Moscow: Finansy i statistika, 2003. 208 p.

9. Cheremnykh S.V., Semenov I.O., Ruchkin V.S. Modelirovanie i analiz system: IDEF-tekhnologii [Modelling and analysis systems: IDEF-Technology]. Moscow: Finansy i statistika, 2005. 192 p.

Получено 16.05.2016

### **Об авторах**

**Шумихин Александр Георгиевич** (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: atp@pstu.ru).

**Ваталева Мария Владимировна** (Пермь, Россия) – аспирант кафедры автоматизации технологических процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: monoceross@mail.ru).

**Попова Анна Валерьевна** (Пермь, Россия) – магистрант кафедры Автоматизации технологических процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета (614013, г. Пермь, ул. Профессора Поздеева, 9, корпус Б; e-mail: An.popova@outlook.com).

### **About the authors**

**Aleksandr G. Shumikhin** (Perm, Russian Federation) – Doctor in Technical Sciences, Professor, Head of Department of Automation of Technological Processes, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., 614990, Perm, Russian Federation; e-mail: atp@pstu.ru).

**Mariya V. Vataleva** (Perm, Russian Federation) – Postgraduate Student, Department of Automation of Technological Processes, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., 614990, Perm, Russian Federation; e-mail: monoceross@mail.ru).

**Anna V. Popova** (Perm, Russian Federation) – Undergraduate Student, Department of Automation of Technological Processes, Perm National Research Polytechnic University (9, Building B, Professor Pozdeev str., 614013, Perm, Russian Federation; e-mail: An.Popova@outlook.com).