УДК 004.9

**СИСТЕМНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ НА ПРИМЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОУРОВНЕВЫМИ СТРУКТУРАМИ В НЕФТЕГАЗОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Мухина А.Г., Шеляго Н.Д.**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» 11999, г. Москва, проспект Ленинский, дом 65, корпус 1, e-mail: com@gubkin.ru

Рассматривается интегрированная компьютерная модель управления процессами разработки и эксплуатации месторождений углеводородов, а также разработка системы автоматизированного контроля параметров процессов подготовки углеводородов к дальнейшей реализации. Предусмотрен непрерывный анализ данных реального времени, поступающих от источников объектов добычи и переработки углеводородов. Разработка на базе интегрированной среды PI System фиксирует тенденции изменения основных показателей процессов и состояния оборудования в режиме реального времени.

Ключевые слова: интегрированная компьютерная модель, гидродинамические исследования скважин, цифровое месторождение будущего, вертикальная интеграция данных, инженерный анализ, многоуровневые структуры

**SYSTEM INTEGRATION BASED ON EXAMPLE OF MULTILEVEL STRUCTURES MANAGEMENT IN OIL AND GAS INDUSTRY**

**Mukhina A.G., Shelyago N.D.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)" (Gubkin University), 119991, Russia, Moscow, Leninsky Prospekt, 65 e-mail: com@gubkin.ru*

**Integrated computer model of the reservoir development and exploitation processes is performed, also system organization of the automated control of hydrocarbons processing parameters before the future realization and transportation. This solution provides the constant real time data analysis from the sources of the hydrocarbons production and processing objects. Model is based on the integrated PI System software environment, and it fixes the tendencies of the main processes parameters dynamics and technical equipment state.**

Key words: Integrated computer model, well testing data, digital oilfield of the future, vertical integration, engineering analysis, multilevel structures

Управление производственными процессами в условиях текущего развития нефтегазовой отрасли осуществляется на основе применения интегрированных автоматизированных информационных систем. Основные принципы иерархии управления производством подразумевают системный подход к контролю и мониторингу состояния объектов нефтегазового комплекса Российской Федерации. Благодаря применению инструментов интеграции информации процессы сбора, хранения и обработки данных поддерживаются по всей вертикали уровней управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятия: от извлечения из недр до получения и продажи конечного продукта.

**Основы системного подхода при управлении технологическими процессами**

Нефтегазовое производство отличается многообразием исполняемых процессов, сложностью поведения объектов и систем управления, вариативностью развития структур, составляющих отрасли добычи, переработки и транспортировки. В связи в этим возрастает необходимость обеспечения высокого уровня организации систем управления производством [11]. Планируемых показателей работы предприятия нефтегазодобывающей отрасли можно ожидать в том случае, если производить непрерывный контроль состояния производства в целом и составляющих его элементов[2]. Также функционирование всех уровней управления, включая системы производственного планирования и организацию ресурсов, позволяет обеспечить эффективность работы предприятия в целом. Процессы интеграции, рассматриваемые в рамках выполнения операций на разных уровнях иерархии управления (рис. 1), позволяют сформировать качественно новые решения для достижения желаемых показателей производства и разработки инновационных исследовательских инструментов.



Рис. 1. Иерархия уровней управления

Интегрированный подход к управлению информационными массивами данных, учёт средств сбора данных и применения интерфейсов для передачи их на центральный сервер, а также обращение к инструментам анализа и прогнозирования позволяет избежать возникновения аварийных ситуаций на производстве, а также оценить риск снижения износостойкости объектов или отказа работы оборудования [13].

Решению инженерно-технических задач способствует всесторонний подход к организации структур промышленного предприятия. Вертикально интегрированные нефтяные компании располагают специализированными центрами обработки данных, которые выполняют задачи подготовки, хранения и предоставления данных, а также обладают высоким уровнем организации программных средств и виртуализации ресурсов[10]. Развитие компаний данного масштаба базируется на применении цифровых технологий обработки информации, систем искусственного интеллекта.

Подсистемы центра обработки данных, такие как станции сборки и продукты, способны обмениваться информацией со специалистами и интеллектуальными предприятиями через «Интернет вещей» или «Интернет услуг». Кроме того, интегрированные центры обработки информации, функционируя в режиме реального времени, позволяют уточнять модели промышленных объектов и систем, например, виртуальных заводов и станций, а также способствуют оперативному принятию управленческих решений в структуре производства[3].

Если рассмотреть структуру представления данных в ЦОД, то можно отметить роль составляющей производства и инженерии, в ведомстве которой находится информация по используемым материалам и оборудованию, проведению ремонтных операций и динамике состояния рабочей станции. Учитывая организацию процессов мониторинга и управления параметрами, а также обеспечения системы безопасности и оповещения, которая реализуется на базе инструментов аналитики, компоненты центра обработки потенциально способны выполнить инженерный анализ данных, в дальнейшем позволяющий внести коррективы по действующим инструментам управления нефтегазовым предприятием на каждом этапе работы с энергоресурсами.

Системный анализ структуры и основных параметров отраслевых объектов и процессов позволяет решить инженерные задачи, возникающие на производстве в режиме реального времени, и, следовательно, выполнить этапы планирования материалов и экономических ресурсов предприятия, расчёты интегрированных показателей эффективности и качества работы подразделения[6].

Работа предлагает исследование перспективных технологий интеграции информации при управлении процессами добычи, подготовки и переработки энергоресурсов, а также транспортировки углеводородов назначенному потребителю. Разделы работы охватывают задачи сбора, передачи и обработки данных реального времени, а также ориентируют на выбор корректных решений в нефтегазовой промышленности. Экспериментальная часть посвящена инженерному анализу данных гидродинамических исследований скважин на базе информации по разработке месторождений[4], а также решению задачи контроля и мониторинга технологических процессов первичной подготовки нефти. Для проведения исследований используется интегрированная платформа PI System, позволяющая реализовать инструменты по анализу данных и рекомендации по управлению основными параметрами процессов в рамках нефтегазодобывающей отрасли.

**Интегрированные решения для нефтегазовой отрасли**

Выбору приоритетного варианта управления системами добычи и транспортировки углеводородов способствует прогнозирование динамики параметров в планируемые сроки выполнения проекта. А для устойчивого развития производства необходима своевременная аналитика ситуации на объектах и контроль состояния оборудования. Решить такие задачи позволяет моделирование системы управления объектами и процессами промышленности[12]. Практические результаты, представленные далее в работе, охватывают базовые понятия интеграции и средств контроля производства, а также рассматривают инструменты автоматизированного управления важнейшими операциями на нефтегазовом предприятии.

Технологические процессы нефтегазовой отрасли обладают сложностью, склонностью к изменению характеристик под внешними воздействиями. Основы к рассмотрению и всестороннему анализу поведения того или иного процесса переработки или транспортировки углеводородов предоставляют такие отраслевые особенности, как, например, сложность строения единой сети газоснабжения (ЕСГ), территориальная распределённость, непрерывность газодинамических режимов.



Рис. 2. Тенденции развития автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Удалённость лица, принимающего решения, от самого объекта исследования, а также расширение спектра задач на верхнем уровне, учитывая многофункциональность деятельности диспетчера в человеко-машинной системе, заставляет обращаться к интегрированным решениям в направлении автоматизации и управления в условиях информационной среды. Такие управленческие решения позволяют не только достигнуть заданные целевые результаты в кратчайшие сроки, но и снизить технологические риски по работе оборудования и исполнению процессов производства.

Что касается новейших разработок передовых компаний в сфере интеграции и развития информационных технологий, решения представлены рядом лидирующих производителей, среди которых Honeywell, Yokogawa, Siemens, Tieto, Schlumberger.

К примеру, разработка компании Honeywell - Total Plant Solutions – представляет платформу, объединяющую системы организационного управления и контроля производственных процессов.

Программный продукт Avocet Workflow Manager компании Schlumberger сочетает инструменты автоматизации процессов, интеллектуального анализа данных и возможности прогнозирования внештатных ситуаций при разработке месторождения в долгосрочной перспективе. К примеру, использование программного обеспечения Avocet обеспечивает прирост добычи в среднем до 5-ти процентов.

Проектирование систем подготовки, переработки и транспортировки продукции требует организации безопасного исполнения процессов с учётом экологического фактора с целью достижения планируемых экономических показателей. Программные пакеты HYSYS и UniSim поддерживают возможности интегрированного моделирования технологических процессов подготовки флюида.

**Применение инструментов цифровой аналитики в работе нефтегазодобывающих компаний (на базе среды PI System)**

Одной из актуальных задач, решаемых в условиях удалённого управления процессами разработки и эксплуатации месторождений нефти и газа, является организация сбора, хранения и обработки данных реального времени [9]. Кроме того, целесообразной является оценка эффективности текущих производственных операций. Выбор рационального варианта управления системами добычи и транспортировки углеводородов связан с решением задачи прогнозирования динамики параметров в планируемые сроки выполнения проекта[1].

Использование программного продукта PI System позволяет проводить экспериментальные исследования процессов добычи, подготовки, транспортировки углеводородов на базе реальной производственной информации. Кроме того, среда PI System позволяет разрабатывать программные приложения по управлению и планированию работы объектов нефтегазового производства, направленные на повышение эффективности производственных процессов.

Работа предлагает вариант интегрированной компьютерной модели управления процессами разработки и эксплуатации месторождений. На базе компьютерного полигона реализовано направление цифровой аналитики для нефтяных промыслов, которое поддерживает непрерывный анализ данных реального времени, поступающих от источников объектов добычи углеводородов[5]. Представленная разработка на базе интегрированной среды PI System учитывает мониторинг параметров добычи, поскольку для устойчивого развития производства необходимо представление о тенденциях изменения основных показателей и о состоянии оборудования[6].

Основной целью исследования временных рядов гидродинамических исследований скважин (ГДИС)[7] является сбор информации по состоянию скважины и пласта, что позволяет провести оценку запасов углеводородов, а также способствует процессам проектирования, разработки и эксплуатации недр.

С помощью инструментов работы с данными реального времени в среде PI System Explorer реализована цифровая модель мониторинга и анализа процесса добычи газа (на основе реальных данных по эксплуатации месторождения Чаяндинское). Начальное снижение значений забойного давления связано с высоким дебитом газа добывающей скважины (рис. 3). По характеру трендовых характеристик конечный интервал временного ряда обретает относительно стабильный характер, что говорит об активной эксплуатации пласта.

Для построения интегрированной компьютерной модели мониторинга производственного процесса, позволяющей проводить контроль параметров, визуализацию основных показателей и элементов системы, а также содержащей функции оповещения о наступлении внештатной ситуации, применяется приложение PI Coresight[9]. На основании результатов анализа возможна смена технологических уставок и применение мер по ликвидации внештатной ситуации.

Модель мониторинга содержит упрощенную структурную схему автоматизированной добывающей скважины, а также динамические элементы – трендовые характеристики забойного давления [Атм] и дебита газа [м3/сут] (рис. 3).



Рис. 3. Интегрированная модель мониторинга добычи в PI Coresight

На основе проведённых исследований можно сделать вывод, что развитие нефтегазовой индустрии в существенной степени зависит от выбора инструментов управления и интеграции полученной информации, а также возможностей систематизации данных.

При этом решить проблему обработки и управления потоками данных, анализа и дистанционного контроля позволяет использование математического моделирования. Совершенствование в области систем разработки нефтяных и газовых месторождений взаимосвязано с событиями по повышению темпов добычи, развитию методов увеличения нефтеотдачи, применяемых на производстве. И многоуровневая система управления разработкой пласта должна учитывать оценку эффективности производственных событий и операций по добыче углеводородов.

**Управление процессами нефтепереработки**

Показательным примером по совершенствованию системы подготовки нефти и нефтепродуктов к дальнейшей реализации является разработка компьютерной модели оценки эффективности процесса вакуумной перегонки нефтепродуктов.

Чтобы найти решение задачи повышения эффективности процесса регулирования технологических параметров [3], необходимо исследовать особенности процесса управления характеристиками объектов нефтеперерабатывающего завода. Далее на базе среды PI System производится анализ и интеграция информации, а также расчёт коэффициента эффективности объекта управления.

Исследование реализовано на основании информации, полученной от объектов Омского нефтеперерабатывающего завода.

При анализе технологического процесса нагрева сырья наблюдаются запаздывания по контуру регулирования температуры на выходе печи, что впоследствии сказывается на качестве выходного продукта. Решением данной проблемы может послужить введение дополнительного контура, учитывающего контроль температуры над перевальной стенкой. И с помощью математической модели работы трубчатой печи (2) можно оценить эффективность введения дополнительного контура регулирования.

Qвх+q=Qвых (2)

Выражение (2) отображает уравнение теплового баланса, которое учитывает количество тепла Qвх на входе трубчатой печи, полученное путём сжигания топлива, количество тепла q, которое передается элементарному объему в результате теплообмена в трубчатой печи и количество тепла Qвых на выходе печи.

На базе приложения PI Analysis Service получено выражение для вычисления коэффициента полезного действия печи (3), где Т – температура на выходе печи:

η=0,95-(19,64\*(Т-273))/41200 (3)

Использование приложения PI Coresight для анализа полученной информации позволило реализовать компьютерную модель управления технологическим процессом перегонки нефтепродукта и оценки КПД переходного процесса. Результаты исследования показали, что параметр температуры при использовании схемы регулирования с датчиком над перевальной стенкой раньше на 20 минут выходит на уставку, что определяет эффективность регулирования.

Таким образом, на основе инструментов среды PI System реализован инженерный анализ данных процесса нагрева мазута в трубчатой печи, проанализирована структура АСУ ТП, выведена математическая модель печи, проведен расчёт и интегрированная оценка эффективности работы трубчатой печи. Разработанное решение может использоваться в рамках развития и функционирования проекта виртуального нефтеперерабатывающего завода.

**Заключение**

Корректная настройка управляющих параметров технологических процессов и предварительная обработка информации оказывает влияние на основные интегрированные показатели работы системы, их оценку и проектирование систем производственного планирования. Такой всесторонний подход к управлению, передаче и хранению информации составляет основу цифровой аналитики для нефтяных промыслов и вертикально интегрированных компаний, владеющих правами на разработку и эксплуатацию месторождения.

Интегрированная обработка данных и своевременная аналитика ситуации на объектах нефтегазодобычи обеспечивает проведение эксплуатационных мероприятий с учётом экологии среды. В дальнейшем этот подход способен увеличить продолжительность жизненного цикла месторождения, снижая риск возникновения внештатных ситуаций.

В результате исследований подтверждается, что программные приложения PI System как ключевые инструменты информационной инфраструктуры предприятия позволяют не только повысить оперативность управления многоуровневыми структурами нефтегазового производства, планирования технологических мероприятий, но и реализовать ситуативный и инженерный анализ особенностей основных этапов добычи углеводородов.

Список литературы

1. Григорьев Л.И., Довбня А.Б., Киташов Д.Ю., Костогрызов А.И. Прогнозирование показателей качества и безопасности технологических процессов нефтегазовых систем на основе математического моделирования // Информатизация и связь. - 2009. - №3.
2. Григорьев Л.И., Кузьмицкий И.Ф. Системы управления с автоматически меняющимися целями и неопределенностью параметров. Материалы конференции МНТК - Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов. - БГТУ, Минск, 22-24 октября 2015 г. – с.74-77.
3. Григорьев Л.И., Кузьмицкий И.Ф. Состояние и проблемы автоматизации производственных процессов нефти, газа и химических производств // МНТК - Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов. - БГТУ, Минск, 16-19 мая 2012 г.
4. Григорьев Л.И., Мухина А.Г. Изюмов Б.Д. Формирование модели “Жизнь пласта” для повышения эффективности управления разработкой месторождения. Вестник ЦКР РОСНЕДРА. Научно-технический журнал .- 2015- №4.- 6-15с.
5. Еремин Н.А. Управление разработкой интеллектуальных месторождений нефти и газа. Учебное пособие для вузов. — М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2012. — 165 с.
6. Мухина А.Г., Шеляго Н.Д. Интегрированная компьютерная модель системы управления производством углеводородов//Научно- технический журнал «Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности», М., ВНИИОЭНГ, №7, 2018. - с.29-35.
7. Рощин П.В., Коробов Г.Ю. Гидродинамические методы исследования скважин и пластов: Методические указания к практическим занятиям. – СПб: СанктПетербургский горный университет, 2017. - 61 с.
8. Чистиков С.П., Лаврухин В.К., Асанов Т.А., Григорьев Л.И., Ермолаев А.И. Тенденции развития интегрированных автоматизированных систем управления в газодобыче//Газовая промышленность, 5. 2006 – c. 35-46.
9. Визуализация данных в PI System. Руководство пользователя. - М., ООО «ОСИсофт»**.** - 2013 г. – 202 с.
10. Claudio Benevenuto de Campos Lima; Gilson Brito Alves Lima; Osvaldo Luis Goncalves Quelhasa; Rodrigo Nunes Ferreira. Integrated operations: value and approach in the oil industry. Brazilian Journal of Operations & Production Management. – 2015. Volume 12. – p. 74-87.
11. Grigoriev L., Kostogryzov A., Tupysev A. Automated dispatch control; problems and details of modeling. Preprints of the 2013 IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control, Saint Petersburg State University and Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics, and Optics. - Saint Petersburg, Russia, June 19-21, 2013. – pp.1157-1160.
12. Kershenbaum Vseolovod, Grigoriev Leonid, Kanygin Petr, Nistratov Andrey. Probabilistic Modeling Processes for Oil and Gas. Probabilistic Modeling in System Engineering. IntechOpen, 2018. - pp.55-79.
13. Kostogryzov Andrey, Nistratov Andrey, Stepanov Pavel, Grigoriev Leonid. About accuracy of risks prediction and importance of increasing adequacy of used probabilistic models.// Journal of Polish Safety and Reliability Association. Summer Safety and Reliability Seminars, Volume 6, Number 2, 2015. – pp.71-79.

References

1. Grigoriev L.I., Dovbnya A.B., Kitashov D.Y., Kostogryzov A.I. Informatizatsiya i svyaz - Informatization and Communication, 2009, no.3.
2. Grigoriev L.I., Kuzmitskiy I.F. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii “Avtomaticheskiy control I avtomatizatsiya proizvodstvennyh protsessov” (Proceeding of International Scientifical-Technical Conference “Automated Control and Automation of Production Processes”), BSTU, Minsk, 22-24 October, 2015, pp.74-77.
3. Grigoriev L.I., Kuzmitskiy I.F. Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii “Avtomaticheskiy control I avtomatizatsiya proizvodstvennyh protsessov” (Proceeding of International Scientifical-Technical Conference “Automated Control and Automation of Production Processes”), BSTU, Minsk, 16-19 May, 2012.
4. Grigoriev L.I., Mukhina A.G., Izyumov B.D. Vestnik TsKR Rosnedra, 2015, no.4, pp.6-15.
5. Eremin N.A., Eremin Al.N., Eremin An.N. Upravleniye razrabotkoy intellektualnyh mestorozhdeniy nefti I gaza. Uchebnoye posobiye dlya vuzov(Development of Intellectual Oil and Gas Fields. A Textbook), Moscow: Gubkin RSU of Oil and Gas, 2012. 165 p.
6. Mukhina A.G., Shelyago N.D. Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya I svyaz v neftyanoy promyshlennosti – Automation, Telemechanization and Communication in Oil Industry, 2018, no.7, pp.29-35.
7. Roschin P.V., Korobov G.Y. Gidrodinamicheskiye metody issledovaniya skvazhin I plastov: Metodicheskiye ukazaniya k prakticheskim zanyatiyam(Hydrodynamical Methods of Wells and Reservoirs Research: Textbook for Practical Exercises), Saint-Petersburg: Saint-Petersburg Mining University, 2017. 61p.
8. Chistikov S.P., Lavrukhina V.K., Asanov T.A., Grigoriev L.I., Ermolaev A.I. Gazovaya Promyshlennost – Gas Industry, 2006, no.5, pp. 35-46.
9. Vizualizatsiya dannyh v PI System. Rukovodstvo polzovatelya(Visualizing PI System Data Course. Step by Step Solution), Moscow: OSIsoft, LLC, 2013. 202 p.
10. Claudio Benevenuto de Campos Lima; Gilson Brito Alves Lima; Osvaldo Luis Goncalves Quelhasa; Rodrigo Nunes Ferreira. Integrated operations: value and approach in the oil industry. Brazilian Journal of Operations & Production Management. – 2015. Volume 12. – p. 74-87.
11. Grigoriev L., Kostogryzov A., Tupysev A. Automated dispatch control; problems and details of modeling. Preprints of the 2013 IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control, Saint Petersburg State University and Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics, and Optics. - Saint Petersburg, Russia, June 19-21, 2013. – pp.1157-1160.
12. Kershenbaum Vseolovod, Grigoriev Leonid, Kanygin Petr, Nistratov Andrey. Probabilistic Modeling Processes for Oil and Gas. Probabilistic Modeling in System Engineering. IntechOpen, 2018. - pp.55-79.
13. Kostogryzov Andrey, Nistratov Andrey, Stepanov Pavel, Grigoriev Leonid. About accuracy of risks prediction and importance of increasing adequacy of used probabilistic models.// Journal of Polish Safety and Reliability Association. Summer Safety and Reliability Seminars, Volume 6, Number 2, 2015. – pp.71-79.