

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-1.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/10TVN117.pdf>

Статья опубликована 17.01.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Зебзеев А.Г., Малышенко А.М. Разработка и реинжиниринг автоматизированных систем сбора, обработки и передачи технологических параметров на предприятиях нефтегазодобычи // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №1 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/10TVN117.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 62-503.5

Зебзеев Алексей Григорьевич

ОАО «ТомскНИПИнефть», Россия, Томск¹

Ведущий инженер отдела автоматизации технологических процессов

E-mail: zebzeev@gmail.com

Малышенко Александр Максимович

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Россия, Томск

Профессор кафедры «Систем управления и мехатроники»

Доктор технических наук

E-mail: mam@tpu.ru

Разработка и реинжиниринг автоматизированных систем сбора, обработки и передачи технологических параметров на предприятиях нефтегазодобычи

Аннотация. В работе предлагаются формализованные процедуры разработки и реинжиниринга автоматизированных систем сбора, обработки и передачи технологических параметров на предприятиях нефтегазодобычи, обеспечивающих необходимые требования к быстродействию и точности передачи данных с их удаленных объектов.

Рассматриваются предлагаемые методы и подходы, основными являются авторские методы классифицирования непрерывных контролируемых технологических параметров нефтегазодобычи в зависимости от их динамических характеристик для обоснованного выбора режимов передачи данных, подходы к разработке оригинальных алгоритмов блочной спорадической передачи промышленной информации на основе двух уровней апертур. Для устранения большой загруженности каналов связи с целью обеспечения нормального режима работы автоматизированной системы для определенных классов параметров предлагается применять алгоритмы оптимального вычисления значений апертур в зависимости от текущей динамики протекания технологических процессов. В качестве количественного критерия выбора телекоммуникационного режима: спорадического или периодического, предлагается использовать удельные затраты информационного ресурса на передачу значения измеряемого параметра при выполнении установленных требований к быстродействию и точности.

В статье представлены результаты расчета загруженности каналов связи на основе реальных ретроспективных данных нефтедобывающего предприятия Западно-Сибирского региона. Анализ экспериментальных данных показывает многократное сокращение объемов

¹ 634027, г. Томск, проспект Мира, 72

передачи промышленной информации при использовании предлагаемых авторами решений, демонстрируя перспективность их применения в современных системах сбора, обработки и передачи технологических параметров нефтегазодобычи.

Ключевые слова: разработка автоматизированных систем управления технологическими процессами; системы сбора, обработки и передачи промышленной информации, блочная спорадическая передача данных; апертура непрерывного сигнала; загруженность сети связи; классификация измеряемых технологических параметров нефтегазодобычи

Введение

Эффективная эксплуатация большинства технологических объектов, действующих на предприятиях нефтегазодобычи (НГД), невозможна без применения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и обеспечивающих их функционирование систем сбора, обработки и передачи данных (ССОПД). Поэтому обустройство новых и развитие существующих нефтегазовых месторождений в последнее время, как правило, характеризуется повышенными требованиями к АСУ ТП. Это приводит к росту числа автоматизируемых объектов (кустовых площадок, узлов запорной арматуры), модернизации старого технологического оборудования с повышением объемов автоматизации, к ужесточению требований эксплуатационных служб к быстродействию и точности ССОПД и АСУ ТП. При этом добыча нефти и газа ведется с различных месторождений, как правило, удаленных друг от друга. Значительная удаленность объектов управления не всегда позволяет организовать на всем производственном комплексе систему передачи данных с достаточной пропускной способностью сети связи. Для повышения быстродействия передачи данных многими эксплуатирующими компаниями и производителями систем телемеханики рекомендуется использование событийного подхода к передаче информации, основанном на случайном множественном доступе к телекоммуникационной среде [1, 5, 8]. Использование событийных протоколов позволяет обеспечить требуемые показатели быстродействия передачи данных, а при определенных условиях - существенно сократить среднее количество передаваемых данных [8]. Название «событийные» связано с тем, что один или несколько режимов (например, спорадический) работы протоколов предполагает передачу только тех данных, которые изменились. Причем для непрерывных сигналов устанавливается порог чувствительности к изменениям значения его величины относительно предыдущего замера - апертура [6]. Данное значение определяет частоту и точность передачи измеряемого параметра в диспетчерский пункт.

Несмотря на развитие технологий случайного доступа к телекоммуникационной среде [1, 5], недостатком методов событийной передачи данных, основанных на использовании данных технологий, является наличие коллизий и перегруженность сети связи при высокой динамике протекания технологических процессов [2]. Проблему усугубляет то обстоятельство, что при обосновании выбора средств связи проектные организации не проводят детализированный расчет сетевых трафиков АСУ ТП. Необходимо отметить и тот факт, что не существует формализованного подхода к обоснованному выбору применяемого режима передачи данных. Для решения указанных проблем в настоящей статье предлагается применение:

- 1) формализованной процедуры разработки АСУ ТП, которая позволяет учесть объем передаваемых данных при выборе программно-технического комплекса;

- 2) классификации непрерывных измеряемых технологических параметров с учетом количественных значений их динамических характеристик, которая обеспечивает обоснованный выбор применяемых режимов передачи данных;
- 3) метода динамического установления апертур измерений при блочной спорадической передаче данных на основе двух уровней апертур, которая обеспечивает более эффективное использование информационного ресурса сети связи по сравнению с традиционными режимами передачи данных;
- 4) оптимизационных алгоритмов обработки и передачи промышленной информации с динамическим установлением апертур измерений на основе нечеткой модели Сугено, которые позволяют поддерживать загруженность каналов связи на допустимом уровне в режиме реального времени.

Предлагаемые методы и подходы, основные определения

Предлагаемые решения основываются на применении системного подхода, теорий вероятности, оптимизации, нечеткой логики и нейронных сетей, нотации событийного описания процессов (англ. eEPC - *Extended Event Driven Process Chain*), а также авторских методов проектирования и интеллектуализации систем передачи промышленной информации на объектах нефтегазодобычи, которые включают в себя формальное описание технологии выбора телекоммуникационных режимов, характеристик оборудования АСУ ТП, разработки и настройки оптимизационных алгоритмов управления сетевыми потоками промышленных данных с использованием оригинальной процедуры блочной спорадической передачи данных на основе двух уровней апертур.

Цели и задачи работы, а также основные подходы к их решению были определены авторами совместно. Разработка алгоритмов и методов, а также исследование эффективности предлагаемых решений выполнена Зибзеевым А.Г. в рамках научно-исследовательской работы ОАО «ТомскНИПИнефть», занимающегося проблемами проектирования и инжиниринга обустройства нефтегазовых месторождений.

В работе [12] были определены основные параметры, влияющие на устанавливаемые значения апертур. В условиях различных требований к точности отображения данных на экране диспетчера и точности восстановления информации из базы данных предложено использование «двух уровней апертуры». Также в работе приведено описание алгоритма формирования блока данных прикладного уровня для блочной спорадической передачи данных на основе двух уровней апертур. Как показано в [2], данный алгоритм является более эффективным по сравнению с традиционным спорадическим режимом передачи данных за счет адаптивного управления загруженностью каналов передачи промышленных данных при наличии стохастических факторов, влияющих на динамику протекания технологических процессов и пропускную способность сети связи. При управлении потоками производственных данных приходится решать задачи, связанные с выбором наиболее «подходящих» значений апертур - при учете влияния внешней среды и характеристик оборудования. Такой выбор осуществляется в условиях многокритериального и конфликтного поведения системы. В этом случае задача управления относится к классу многокритериальных оптимизационных и требует использования сложной математической модели, причем каждый показатель системы оценивается своим целевым функционалом. Указанные целевые функционалы показателей оптимальности управления передачей данных установлены в работе [3], в которой дано их подробное математическое описание. В качестве критериев оптимальности определены требования по минимизации апертур измерений первого и второго уровней при формально установленном ограничении максимальной загруженности каналов связи.

Приведем определения апертур измерений первого и второго уровней. Для этого будем использовать следующие обозначения: $x_i(t) \in X(t)$ - непрерывная функция изменения i -ого параметра в составе множества всех n контролируемых системой параметров телеизмерений $X(t) = \{x_1(t) \dots x_n(t)\}$; $x_i(t_{тек}) \in X(t)$ - значение i -го параметра в текущий момент времени $t = t_{тек}$ (на момент последнего такта обработки данных); $x_i(t_o) \in X(t)$ - последнее значение i -ого параметра $x_i(t)$, которое было отправлено на диспетчерский уровень в момент времени $t = t_o$; $x_i(t_б) \in X(t)$ - последнее значение i -ого параметра, которое было добавлено в блок данных с возможностью отложенной отправки в момент времени $t = t_б$.

Апертурой первого уровня $\Delta_1(x_i)$ [12] измеряемого параметра $x_i(t)$ называется абсолютное или относительное значение порога чувствительности параметра $x_i(t)$ к изменениям значения его текущей величины $x_i(t_{тек})$ относительно последнего отправленного значения $x_i(t_o)$, при достижении которого необходима спорадическая передача данных $x_i(t_{тек})$ на диспетчерский уровень без возможности отложенной отправки.

Апертурой второго уровня $\Delta_2(x_i)$ [12] измеряемого параметра $x_i(t)$ называется абсолютное или относительное значение порога чувствительности параметра $x_i(t)$ к изменениям значения его текущей величины $x_i(t_{тек})$ относительно последнего из значений: отправленного значения $x_i(t_o)$ или добавленного в блок данных с возможностью отложенной отправки $x_i(t_б)$, при достижении которого необходимо добавление $x_i(t_{тек})$ в блок данных с возможностью отложенной отправки (т.е. отправки при $t > t_{тек}$).

Таким образом, апертура второго уровня отличается от апертуры первого уровня тем, что допускает возможность отложенной отправки. Необходимая точность спорадической передачи данных обеспечивается допустимым размером апертур. Как указано в [3], наибольшее влияние на изменение загрузки сети связи оказывают значения апертур второго уровня, а для более эффективной передачи данных должно выполняться условие $\Delta_1(x_i) > \Delta_2(x_i)$. С учетом данного условия, а также на основании более высоких требований к точности восстановления из базы данных в работе [4] в качестве главного критерия оптимальности обосновано требование к минимизации апертур измерений второго уровня, после выполнения которого реализуется минимизация апертур первого уровня. Данное решение позволит существенно сократить объем вычислений, выполняя только один критерий оптимальности в определенный такт расчета апертур измерений. Необходимо отметить, что вычислительная сложность алгоритмов расчета оптимальных значений апертур является важнейшим фактором при реализации управления сетевыми потоками промышленной информации. Поэтому авторами предлагается использование методологии, позволяющей избежать чрезмерно большого объема вычислений - методологии нечеткой логики на основе алгоритма Сугено [7, 11]. Для достижения необходимой точности управления в работе [4] рассмотрены процедуры настройки нечетких алгоритмов Сугено. Процедура настройки выполняется в автоматизированном режиме с использованием обучающихся гибридных нейро-нечетких сетей, предложенных Янгом (Jang) в работе [10]. Обучение реализуется с использованием математических моделей системы сбора, обработки и передачи промышленной информации, позволяющих оценивать,

анализировать и прогнозировать объем передаваемых данных в зависимости от динамики протекания технологических процессов. Описание применяемых математических моделей приводится в работах [3, 4]. Применение данного подхода позволяет сократить трудозатраты специалистов при настройке алгоритмов управления, а также обеспечить достаточную точность управления [2].

Несмотря на перспективность применения алгоритмов блочной спорадической передачи промышленной информации на основе двух уровней апертур, данный метод нецелесообразен для передачи параметров с высокой динамикой. Для обоснованного выбора требуемого режима передачи данных необходим расчет количественных показателей эффективности предлагаемых решений. В связи с этим далее в работе предлагается применение формализованных процедур разработки АСУ ТП для предприятий нефтегазодобычи на основе специально разработанных расчетных методик и критериев эффективности выбора режимов их работы.

Описание проектных процедур разработки АСУ ТП

Для корректной разработки АСУ ТП с требуемыми характеристиками быстродействия и точности передачи данных необходима формализация процедуры расчета указанных показателей и выбора соответствующего программно-технического комплекса. Предлагаемые процедуры проектного этапа разработки АСУ ТП нефтедобычи представлены на рис. 1. Описание выполнено на основе eEPC-нотации (англ. *Extended event driven process chain*) CASE-пакета ARIS [9]. Данные процедуры используются в проектной деятельности ОАО «ТомскНИПИнефть».

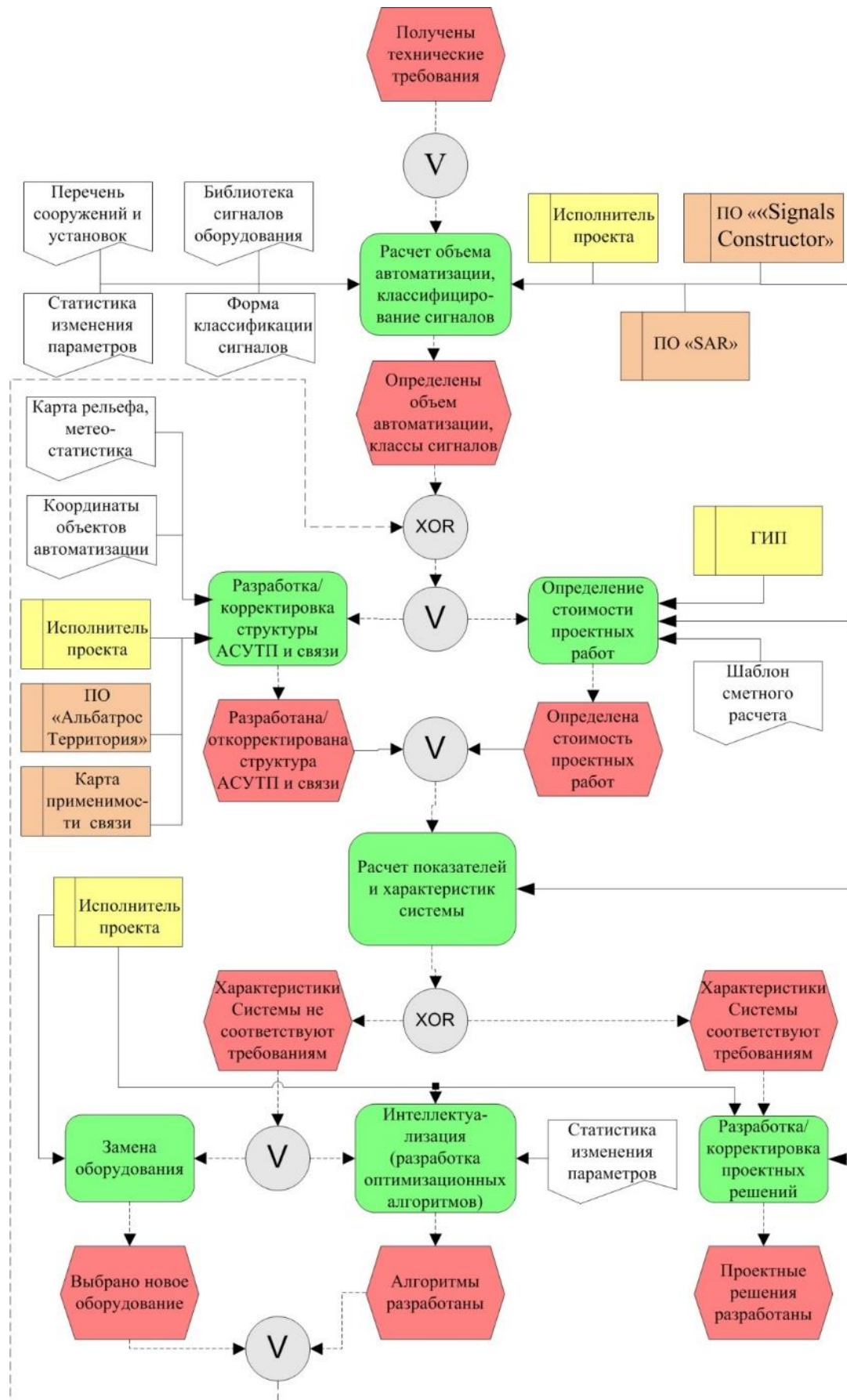


Рисунок 1. Процедуры выполнения проектных этапов разработки АСУ ТП нефтедобычи (получено авторами)

Описание выполнено на основе eEPC-нотации (англ. *Extended event driven process chain*) CASE-пакета ARIS [9]. Данные процедуры используются в проектной деятельности ОАО «ТомскНИПИнефть».

Кратко опишем ключевые этапы, влияющие на соответствие системы исследуемым в работе требованиям.

Расчет объемов автоматизации, классифицирование сигналов. Наиболее важными расчетными параметрами, влияющими на требования к исследуемым характеристикам системы, являются объем автоматизации и объем передачи данных. Для автоматизации расчетов объема автоматизации, в ОАО «ТомскНИПИнефть» были разработаны и используются специальные программные приложения: программа «Signals Constructor», набор программных модулей «Scheme Auto Reporter» (SAR), которые используют мета-данные смежных документов - функциональных схем автоматизации, разрабатываемых как обязательная часть проекта. Классифицирование сигналов реализуется по специально разработанной авторской методике, которая будет рассмотрена далее в этой статье.

Разработка (корректировка) структуры АСУ ТП и связи. Данный этап выполняется на основе требований технического задания к характеристикам системы, а также с учетом информации об объеме автоматизации и классах передаваемых сигналов. Для расчета качественных показателей каналов связи (затухание сигнала в тракте передачи, запас мощности сигнала), например, в ОАО «ТомскНИПИнефть» используется специализированная программа стороннего производителя «Альбатрос территория». Для поддержки принятия решения по выбору оборудования связи разработана своя программная надстройка на базе MS Excel «Карта применимости технологий связи».

Расчет показателей и характеристик системы. Реализуется оценка стоимости, надежности, требуемой пропускной способности, быстродействия (времени реакции), точности системы и т.п. После определения необходимых характеристик системы уточняется соответствие рассматриваемого оборудования установленным требованиям. В случае несоответствия характеристик оборудования (типового для эксплуатирующей организации или уже имеющегося на предприятии) в части быстродействия и пропускной способности каналов связи целесообразны дополнительные реинжиниринг и интеллектуализация системы.

На этапе *интеллектуализации* предлагается разработка и настройка нечетких алгоритмов вычисления значений апертур измерений в зависимости от динамики протекания технологических процессов для последующей реализации блочной спорадической передачи данных. Указанные решения подробно описаны в работах [2-4, 12]. Разработка алгоритмов блочной спорадической передачи данных должна выполняться только для определенных классов параметров.

Далее в статье кратко описывается предлагаемый авторами метод классифицирования непрерывных измеряемых технологических параметров нефтегазодобычи на основе количественных критериев.

Классификация измеряемых технологических параметров нефтедобычи

Ввиду ограниченности пропускной способности сети связи в качестве показателя эффективности передачи данных в работе предлагается использовать удельные затраты информационного ресурса на передачу значения измеряемого параметра при выполнении установленных требований к быстродействию и точности. В качестве возможных режимов передачи данных рассматриваются периодический и блочный спорадический режимы. При сравнении режимов можно рассматривать также циклическую передачу, внося в расчеты

дополнительные затраты информационного ресурса на формирование управляющих команд. Однако в данной работе эта задача не рассматривается ввиду неэффективности циклического режима. Учитывая тот факт, что при спорадической передаче требуется к каждому значению переменной дополнительно добавлять тэг и метку времени [2], справедливым является

неравенство $V_{x_i}^s > V_{x_i}^p$, где $V_{x_i}^s$ - объем данных параметра x_i при спорадическом режиме,

$V_{x_i}^p$ - объем данных параметра x_i при периодическом режиме. Поэтому в случае необходимости передачи параметра с высокой средней частотой добавления в блок данных (фиксации), целесообразнее использовать периодическую передачу. В соответствии с этим условием можно определить класс тех параметров, для которых рекомендуется периодическая отправка: «параметры со значительной частотой фиксации» (обозначение «З»). Формально выбор одного из режимов может определяться сравнением объемов данных, которые требуется в среднем передавать за единицу времени.

С целью повышения эффективности передачи данных необходимо стремиться к максимально возможному заполнению блока данных прикладного уровня при любом режиме передачи. Поэтому при расчете объемов передачи контролируемого параметра на начальном этапе анализа допустимо учитывать только нагрузку на каналы связи, вносимую объемом передаваемых данных измерений (прикладного уровня), и не учитывать дополнительные заголовки телекоммуникационных протоколов.

$$V_1 = V_{x_i}^p / T,$$

Объем данных при периодической передаче определяется выражением:

где T - период между отправками данных параметра x_i .

Средний объем данных при спорадической передаче определяется выражением:

$V_2 = V_{x_i}^s \times \nu_{x_i}^s$, где $\nu_{x_i}^s$ - средняя частота добавления данных в блок прикладного уровня (по достижению апертуры первого или второго уровня).

Процесс классифицирования (рис. 2) параметра начинается (этап 1) с вычисления

условия $V_{x_i}^s \times \nu_{x_i}^s > V_{x_i}^p / T$, в случае выполнения которого x_i относится к классу параметров со значительной частотой фиксации (переход на этап 2.1), иначе - к классу параметров с незначительной частотой фиксации (переход на этап 2.2).

Средняя частота $\nu_{x_i}^s$ определяется: $\nu_{x_i}^s = \frac{x_i^{c p}}{\Delta_1(x_i)} + \frac{x_i^{c p}}{\Delta_2(x_i)}$, где $x_i^{c p}$ - среднее значение скорости изменения параметра x_i .

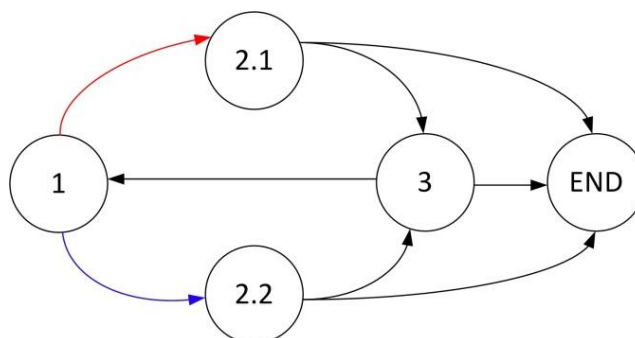


Рисунок 2. Процесс классифицирования технологических параметров нефтедобычи (получено авторами)

На этапе 2.1 при оценке параметров со значительной частотой фиксации следует также

учитывать, что реальная частота $v^{s}_{x_i}$ может быть меньше за счет колебательности изменений x_i . Поэтому на этапе 2.1 дополнительно следует оценить, достигает ли в среднем размах сигнала x_i за время t^s величины $\Delta_2(x_i)$ для выполнения условия добавления параметра x_i в блок данных. Отметим, что под размахом сигнала $x_i - R_{x_i}$ будем понимать разность между максимальным и минимальным значением сигнала за установленный промежуток времени. Время t^s устанавливает период, за который в среднем при блочной спорадической передаче данных будет добавлен в блок данных объем, равный V_1 , т.е. тот объем данных параметра x_i , который может быть передан при периодическом режиме за установленный

период времени. Тогда справедливо выражение: $V^{s}_{x_i} / t^s = V^P_{x_i} / T$, откуда следует, что $t^s = (V^{s}_{x_i} / V^P_{x_i}) \times T$.

В случае если среднее значение размаха $R_{x_i}(t^s) < \Delta_2(x_i)$ за время t^s , то реальный средний объем передачи значений параметра x_i при спорадической передаче меньше, чем при периодической, а параметр x_i - относится к классу параметров с незначительной частотой фиксации и большой колебательностью (обозначение «НК»).

В свою очередь на этапе 2.2 для параметров с незначительной частотой фиксации требуется оценить максимальную величину объема добавляемых в блок данных:

$V_{2max} = V^{s}_{x_i} \times v^{s}_{x_i,max}$, где $v^{s}_{x_i,max}$ - максимальная частота добавления в блок

данных при максимально установленной скорости изменения параметра x_i : $x'_i = x'_{i,max}$. В случае одновременного выполнения условий $V_{2max} \gg V_2$ и $V_{2max} > V_1$, параметр x_i - относится к классу параметров с незначительной частотой фиксации и значительными перепадами значения сигнала (обозначение «НП»). Для данного класса сигналов

целесообразны реализация изменения апертуры при увеличении скорости изменения сигнала, а также оценка максимального объема передаваемых данных с учетом допустимого значения загруженности. При медленном изменении сигнала параметр относится к классу параметров с незначительной частотой фиксации с медленной равномерной динамикой (обозначение «НМ»).

Разработанная классификация непрерывных измеряемых технологических параметров нефтегазодобычи в зависимости от их динамических характеристик приведена в таблице 1.

Таблица 1

Классификация измеряемых технологических параметров нефтегазодобычи в зависимости от их динамических характеристик (получено авторами)

	Класс параметра			
	со значительной частотой фиксации (З)	с незначительной частотой фиксации		
		с медленной равномерной динамикой (НМ)	с большой колебательностью (НК)	с большими перепадами значения сигнала (НП)
$V_{x_i}^s \times v_{x_i}^s > V_{x_i}^p / T$	да	нет	да	нет
$R_{x_i}(t^s) < \Delta_2(x_i)$	нет	-	да	-
$V_{2max} >> V_2 \cap V_{2max} > V_1$	-	нет	-	да
Режим передачи	периодический	блочный спорадический	блочный спорадический	блочный спорадический

В общем случае процедура классифицирования представляет собой итерационный процесс (рис. 2), в результате которого классы параметров могут быть изменены по сравнению с начальным значением. Так на этапе 3 оценивается распределение сигналов по классам. В случае малого количества сигналов в каждом из классов необходим дополнительный анализ целесообразности использования рекомендуемого для данного класса режима передачи данных. Если допустимо изменить требования к точности, например, с целью экономии информационного ресурса, то на данном этапе целесообразно подкорректировать границы апертур.

Результаты вычислительных экспериментов применения предложенных методов

В ОАО «ТомскНИПИнефть» была проведена классификация типовых контролируемых параметров нефтедобычи в зависимости от их динамических характеристик на основе реальных ретроспективных данных для одного из нефтедобывающих предприятий Западно-Сибирского региона. Основными технологиями добычи нефти на месторождениях предприятия являются фонтанный способ и добыча с использованием электроцентробежных погружных насосов (ЭЦН). Показатели измерений по каждому параметру были проанализированы для достаточного количества однотипных объектов, различных по характеристикам и свойствам технологических процессов; были использованы результаты для нескольких (не менее 3-х) длительных (по 24 часа) периодов измерений, разнесенных во времени. Выбор значений границ апертур для анализируемых параметров рассмотрен в работе [2]. В качестве анализируемого периода между передачей данных для периодического режима было принято время, равное 1 с. Данное время опроса определено как типовое в АСУ ТП согласно требований действующего стандарта ПАО «НК «Роснефть» № ПЗ-04 СД-0038 «Автоматизированные системы управления

технологическими процессами нефтегазодобычи. Требования к функциональным характеристикам». Объем данных для каждого измерения параметра при периодической

передаче $V^P x_i$ составляет 5 байт, при спорадической $V^S x_i$ - 9 байт. Тогда время t^S , за которое определяется анализируемое значение размаха сигнала при спорадическом режиме, составляет 1,8 с.

Анализ результатов расчетов, проведенных в соответствии с таблицей 1, определяет следующее распределение параметров по классам в зависимости от их динамических характеристик.

В системе поддержания пластового давления все параметры: расход воды, давление буферное, давление линейное, температура в линии нагнетательной скважины - относятся к классу НП.

Для фонтанных нефтяных скважин параметры: давление буферное, давление линейное, температура в линии добывающей скважины - относятся к классу НП, давление затрубное добывающей скважины - к классу НМ.

Для нефтяных скважин с ЭЦН параметры: давление жидкости на входе ЭЦН, давление затрубное, давление линейное, температура двигателя - относятся к классу НП, температура жидкости в линии и на входе ЭЦН добывающей скважины - к классу НМ, электротехнические параметры оборудования ЭЦН: сила тока, напряжение, частота питающей линии, момент электродвигателя, а также давление буферное добывающей скважины - к классу З. Для последних параметров рекомендуется периодическая передача данных.

Дополнительные параметры: загазованность в укрытии, уровень дренажной емкости - относятся к классу НП, уровень измерительной установки - к классу НК.

Таким образом, для всех контролируемых параметров кустовой площадки с фонтанной добычей целесообразно использование блочной спорадической передачи данных. Для кустовой площадки с ЭЦН рекомендуется комбинированный режим передачи данных, с применением как периодической, так и блочной спорадической передачи. Распределение непрерывных контролируемых параметров с указанием их общего количества в зависимости от режима передачи приведено в таблице 2. Принятое при расчетах количество скважин: добывающих - 10, нагнетательных - 3.

Таблица 2

Распределение непрерывных контролируемых параметров в зависимости от режима их передачи (получено авторами)

Объект контроля	Количество параметров, шт.	
	Блочный спорадический режим	Периодический режим
Кустовая площадка добычи ЭЦН	75	110
Кустовая площадка фонтанной добычи	55	0

Расчетные показатели среднего объема передаваемых данных при режимах: обычном спорадическом, периодическом, а также предлагаемом комбинированном режиме при распределении параметров в соответствии с установленным классом приведены в таблице 3. Принятая частота обработки данных в контроллере - 100 Гц.

Таблица 3

Значения среднего объема передаваемых данных при применении различных телекоммуникационных режимов (получено авторами)

Объект контроля	Средний объем передачи данных, Кбит/с		
	Обычный спорадический режим	Периодический режим	Предлагаемый подход с применением блочной спорадической передачи данных
Кустовая площадка добычи ЭЦН	854,2	12,71	4,72
Кустовая площадка фонтанной добычи	69,24	3,46	0,35

Необходимо отметить, что значительный объем передаваемых данных при обычном спорадическом режиме объясняется формированием отдельного блока данных прикладного уровня для каждого измерения с дополнительным включением заголовков телекоммуникационных протоколов, а также частой передачей электротехнических параметров из-за высокой динамики их изменения. Показатели загруженности для данного режима приведены для демонстрации неэффективности применения обычной спорадической передачи данных в тех случаях, когда необходимо обеспечивать относительно высокую точность передачи данных. На практике для уменьшения загруженности линий связи при данном режиме используют большие значения апертур, что может привести к значительным ошибкам передачи данных.

Как видно из проведенных расчетов, применение блочной спорадической передачи данных на основе двух уровней апертур для параметров с незначительной частотой фиксации позволяет существенно сократить загруженность линий связи.

Заключение

В работе рассмотрены методы разработки и реинжиниринга автоматизированных систем управления технологическими процессами нефтегазодобычи, направленные на обеспечение необходимых требований к быстродействию и точности передачи данных в условиях ограничения информационного ресурса. Данные решения базируются на формализованных процедурах, позволяющих учесть объем передаваемых данных при выборе программно-технического комплекса АСУ ТП, а также на дополнительной интеллектуализации системы сбора, обработки и передачи данных. Интеллектуализация системы заключается в разработке и настройке нечетких алгоритмов вычисления оптимальных значений апертур контролируемых сигналов для определенных классов параметров при использовании блочной спорадической передачи данных. Такое управление обеспечивает более эффективное использование информационного ресурса сети связи по сравнению с традиционными режимами передачи данных, что подтверждается приведенными в работе результатами расчетов, полученных в ходе вычислительного эксперимента.

Предложенные в данной статье решения могут быть успешно использованы не только в АСУ ТП нефтегазодобывающих предприятий, но и в системах сбора, обработки и передачи данных в других отраслях производства, а также при управлении подвижными объектами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азизов Р.Ф., Аминев Д.А., Увайсов С.У., Юрков Н.К. Определение оптимальных характеристик алгоритма конкурентного доступа к среде для минимизации времени передачи данных в децентрализованных беспроводных сетях // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2015. №1. С. 139-145.
2. Зebзеев А.Г. Алгоритм определения апертур телеизмерений в системах диспетчерского управления нефтедобычей // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2015. №3. С. 167-185.
3. Зebзеев А.Г. Формальный подход к определению оптимальных значений апертур телеизмерений // Экспозиция Нефть Газ. 2015 №6 (45). С. 94-97.
4. Зebзеев А.Г. Разработка адаптивных алгоритмов для управления загруженностью сети связи в системах телемеханики нефтегазодобычи // Нефть и газ - 2016: сборник трудов юбилейной 70-й международной молодежной научной конференции. Москва, 18-20 апреля 2016 г. М., 2016. С. 308-316.
5. Катygин Б.Г. Алгоритм управления параметрами протокола случайного множественного доступа для повышения коэффициента использования пропускной способности канала сети широкополосного беспроводного доступа [Электронный ресурс] // Интернет-журнал «Наукoведение», 2014 №2 (21). Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/17TVN214.pdf>, свободный. - Заглавие с экрана. - Яз. рус., англ.
6. Чернов В.И., Рябцев Е.А. Система передачи аварийных событий в режиме реального времени [Электронный ресурс]. Екатеринбург: ООО «Свей». - 4 с. 2016 - Режим доступа: aura-e.ru/files/SPA_RV.pdf, свободный. - Заглавие с экрана. - Яз. рус.
7. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штовба. - Москва: Горячая линия-Телеком. 2007. - 288 с.
8. Bevin D. Modbus и DNP3: Сравнение эффективности коммуникаций. Обзорная статья // Control Microsystems Inc., 2009. - 7 с.
9. Hommes B.J. The Evaluation of Business Process Modeling Techniques // TU Delft. 2004. pp. 137.
10. Jang J. ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System // IEEE Trans. Systems&Cybernetics. 1993. Vol. 23. - P. 665-685.
11. Zadeh L.A. Toward a Theory of Fuzzy Systems. Aspect Network and System Theory // Rinehart and Winston. - 1971.
12. Zebzeev, A.G. Algorithm of block sporadic data transmission for telemechanics [Электронный ресурс] // Омск: IEEE conf. Control and Communications. 2015. С. 1-4. Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=>. - Заглавие с экрана. - Яз. англ.

Zebzeev Alexey Grigor'evich

JSC «TomskNIPIneft», Russia, Tomsk
E-mail: zebzeevag@gmail.com

Malysenko Alexander Maksimovich

National research Tomsk polytechnic university, Russia, Tomsk
E-mail: mam@tpu.ru

Development and re-engineering of automated oil and gas production process control systems

Abstract. The article proposes formalized procedures for the development and re-engineering of automated systems for collecting, processing and transmission of process parameters at the oil and gas companies, which provide the necessary requirements for speed and data accuracy from their remote objects.

It's considered the proposed methods and approaches, the main are the author classification methods of controlled continuous technological parameters for their dynamic characteristics to make informed choices of data transmission modes, approaches to the original block sporadic transmission algorithms development of fishery information based on two levels of aperture. It's proposed to use algorithms optimum calculation aperture value according to the current trends in the behavior of technological processes for certain classes of parameters in order to eliminate the heavy network load and to ensure normal operation of the automated systems. It's proposed to use an information resource unit cost for transmission of the measured parameter for established requirements implementation for speed and accuracy as a quantitative telecommunication mode selection criteria: periodic or sporadic.

The article presents the results of the network load calculation based on real historical data, oil-producing companies of the West Siberian region. Experimental data analysis shows a large reduction in the volume of the transmission fishery information in the case of the author proposed solutions and demonstrates the prospects of their application in modern systems of collecting, processing and transfer of technological oil and gas parameters.

Keywords: automated process control systems development; system for the collection, processing and transmission of fishery information; block sporadic data transfer; continuous signal aperture; network load; the classification of measured process oil and gas parameters