

УДК 004.75;614.84

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БОРТОВОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА ЛЕСОПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ

М.А. Сонькин, А.В. Шкуратов

Томский политехнический университет

E-mail: neos@tpu.ru

Предложена структура программного обеспечения мониторинга лесопожарной обстановки, используемая для автоматизации службы авиационной охраны лесов, основывающаяся на оригинальных алгоритмах формирования, обработки и передачи информации и позволяющая повысить оперативность и достоверность передаваемых навигационных и производственных данных. Приведены результаты верификации алгоритма фильтрации навигационных данных, которые подтвердили эффективность предложенного подхода.

Ключевые слова:

Навигация, оптимизация данных, передача навигации, структура программного обеспечения.

Key words:

Navigation, data optimizing, data transmitting, software structure.

Введение

Ежегодно в РФ происходят тысячи лесных пожаров, приносящих миллиардные убытки государству. Своевременное обнаружение лесных пожаров является залогом их быстрой локализации и ликвидации. Из-за большой площади страны важную роль в этом деле играет авиационный мониторинг, позволяющий с наибольшей скоростью и точностью обнаружить пожар и вызвать подкрепление. Эту работу на борту воздушного судна выполняет летчик-наблюдатель. Информация, которой он обладает, является важной для выполнения мероприятий по тушению лесного пожара. Весь перечень работ и ответственности отражен в работе [1].

При мониторинге лесопожарной обстановки летчик-наблюдатель сталкивается с рядом трудностей: навигация по бумажным картам, необходимость вести подробную запись о происшествиях в боржурнале, поддерживать радиосвязь с локальными диспетчерскими центрами.

Таким образом, работа летчика-наблюдателя является важной, ответственной и вместе с тем — неавтоматизированной. Она сопряжена с использованием большого количества инструментов, многие из которых морально устарели. Среди существующих способов обеспечения навигации и передачи информации с борта воздушного судна в диспетчерский центр не было найдено решения, комбинирующего необходимые векторные карты местности, данные спутникового навигационного приемника, работу с производственной информацией и передачу данных в диспетчерский центр органа мониторинга лесопожарной обстановки.

Цель данной статьи — исследование и разработка алгоритмического и программного обеспечения информационно-телекоммуникационной системы, обеспечивающей формирование, обработку и передачу навигационной информации с борта воздушного судна в диспетчерский центр органа мониторинга лесопожарной обстановки региона,

с целью повышения оперативности и достоверности переданной информации.

Структура предлагаемого программного обеспечения

Для автоматизации работы предлагается использовать программное обеспечение бортового комплекса мониторинга лесопожарной обстановки, отличающееся оригинальной структурой, рис. 1, с использованием динамически подключаемых модулей ГИС, управления каналами связи и работы с навигационной информацией. Структура разделена на две части: серверное и клиентское программное обеспечение.

В структуре выделены модули:

- ГИС, представляющий собой электронную карту местности, набор функций для работы с ней.
- Отображения объектов на карте, представляющий собой отдельный блок-прослойку между модулем ГИС и остальными модулями. Анализируя загрузку процессора, проводится балансировка нагрузки за счет дополнительной буферизации информации о вызываемых командах и их последующего поэтапного выполнения.
- Работы с производственной информацией, автоматически генерирующий формы и таблицы для просмотра и редактирования производственной информации на основе xml-конфигураций.
- Отчетности, позволяющий генерировать отчетные формы на основе проведенных полетов.
- Работы с базой данных, реализованный на клиентской и серверной частях, причем клиентская часть использует серверную для доступа к данным.
- Приема навигационной информации, служащий для приема навигационной информации от серверной части программного обеспечения.
- Чтения навигационных данных, позволяющий читать навигационные данные со спутниковых навигационных приемников.

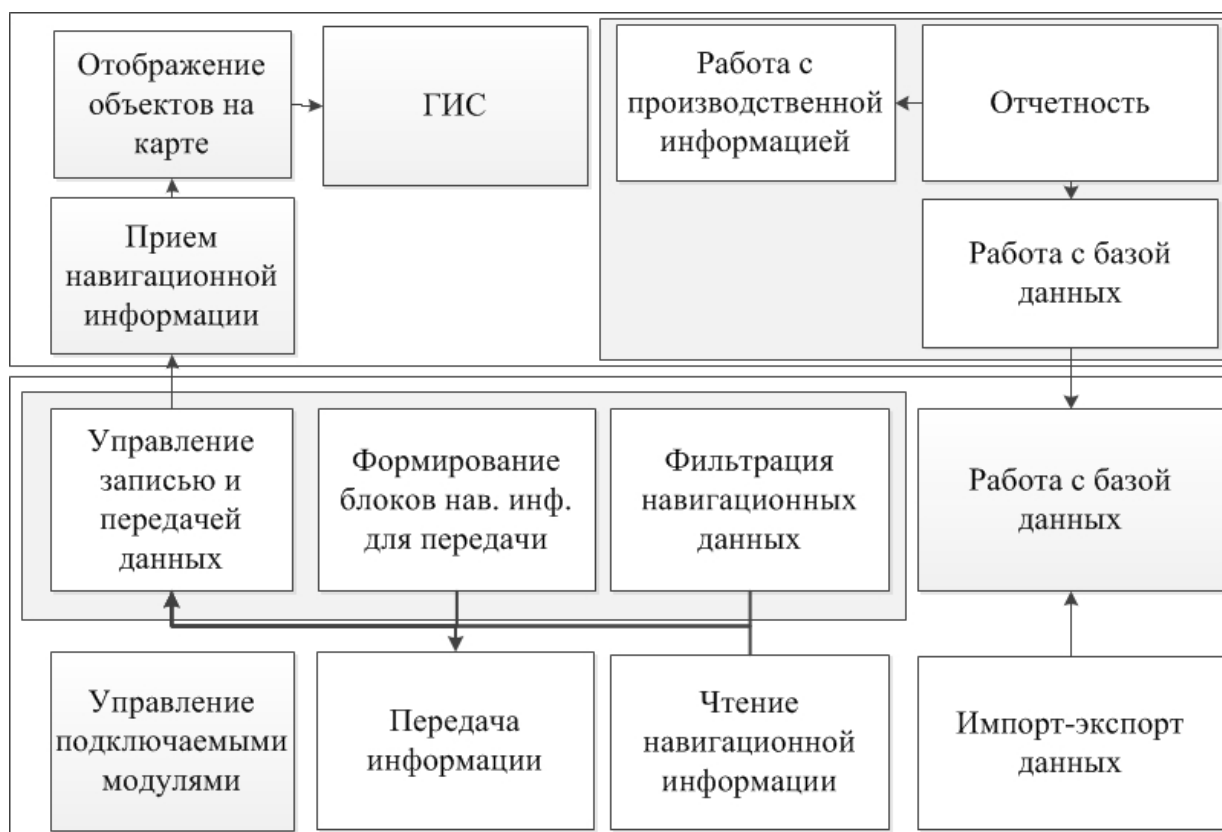


Рис. 1. Структура программного обеспечения бортового комплекса мониторинга лесопожарной обстановки

- Фильтрации навигационных данных, предназначенный для уменьшения объема навигационной информации путем отбрасывания лишних точек в реальном масштабе времени.
- Передачи информации, отвечающий за оперативную и достоверную передачу информации по комбинированным сетям в информационно-телекоммуникационную систему «Ясень» [2].
- Импорта-экспорта данных, предназначенный для выгрузки/загрузки производственной информации из внешних источников, включая данные космомониторинга [3].
- Управления записью и передачей информации, являющийся связующим звеном и управляющий модулями записи, чтения и фильтрации навигационной информации, подсистемой передачи информации.

Алгоритм фильтрации навигационной информации

Пусть перемещение объекта задано некоторой функцией $F(t)$, назовем это истинное перемещение. Спутниковые навигационные приемники передают текущие координаты с частотой от 1 до 5 раз/с; $f(t)$ — интерполированная навигационным приемником функция перемещения. При режиме записи точек через каждую секунду при 5-часовом полете получается 18 тыс. точек, что является избыточным.

Необходимо провести переход $F(t) \rightarrow f(t) \rightarrow f^*(t)$, где $f^*(t)$ — новая интерполированная функция, ко-

торая удовлетворяет $R(t) = |f(t) - f^*(t)| \leq \varepsilon$, $t \in [t_0, t_n]$, t_0 — время фиксации первой точки; t_n — время фиксации крайней точки; ε — некоторая указанная точность, причем переход должен быть осуществлен в реальном масштабе времени.

Учитывая, что погрешность большинства спутниковых навигационных приемников при хорошем приеме сигнала не превышает 20 м [4. С. 107], можно рассчитывать на дополнительные $\varepsilon = 10$ м погрешности, добавляемые алгоритмом фильтрации навигационной информации. Большинство навигационных приемников могут давать «выбросы», когда навигатор в выходном наборе достоверных точек дает одну или более точек на неадекватно большом расстоянии от крайней, а затем снова передается набор достоверных точек.

Следовательно, необходим алгоритм, который исключит из набора навигационных данных выбросы и уменьшит количество точек так, чтобы выполнялось $R(t) \leq \varepsilon$.

Среди отличительных особенностей передвижения воздушного от наземного транспортного средства можно выделить: скорость перемещения в полете постоянно больше 80 км/ч (скорость взлета самолета модели АН-2) и сохраняется на уровне ~150 км/ч (крейсерская скорость АН-2); изменение направления движения происходит медленнее; на движение воздушного судна влияет ветер, поэтому летчику необходимо все время поправлять курс. Из этого возникает такое явление, как рыска-

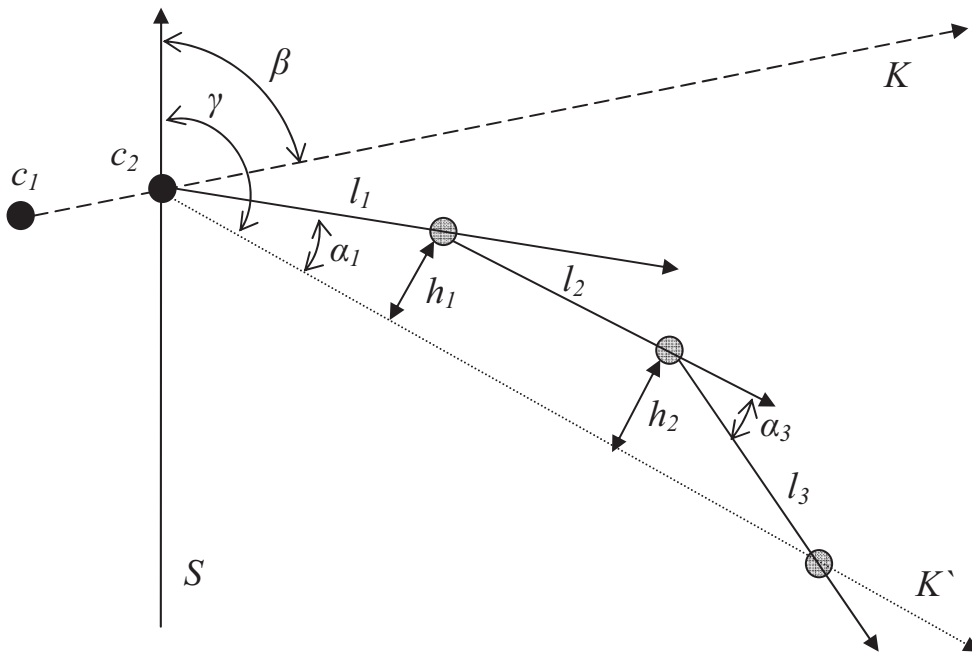


Рис. 2. Расчет максимальной высоты, опущенной из точки дуги на прямую, соединяющую первую и крайнюю точку дуги

ные – курс постоянно меняется на $1...2^\circ$. Таким образом, все движение воздушного судна – набор дуг, прямых линий практически нет.

Для реализации алгоритма фильтрации навигационных данных введем несколько понятий:

Навигационная точка – точка, координаты которой получены с помощью систем спутниковой навигации.

Фиксированная навигационная точка – навигационная точка, которая прошла фильтрацию и будет в выходном массиве точек.

Рассмотрим ситуацию разворота воздушного судна. Для обеспечения заданной точности при фильтрации необходимо, чтобы все дуги трека удовлетворяли требованию: проекция высоты h_i , опущенная из i -й точки дуги на прямую, соединяющую первую и крайнюю точку дуги, меньше величины заданной точности Δx , рис. 2. То есть выполнялось условие: $\max(h_1, h_2, \dots, h_n) < \varepsilon$.

Пунктирной линией K отмечен курс в крайней зафиксированной точке. Точечной линией K' отмечен курс текущей точки относительно крайней фиксированной – результирующий курс. Сплошной линией с подписью S обозначено направление с азимутом 0. Угол β – курс крайней фиксированной точки. Угол γ – результирующий курс. Угол α_1 , α_3 – курсы в нефиксированных точках относительно результирующего курса. Угол α_2 не показан, т. к. он равен 0; h_1 и h_2 – проекции высот, опущенные из нефиксированных точек на прямую результирующего курса; l_1-l_3 – перемещения между нефиксированными точками.

При вычислении расстояний, в том числе максимального отклонения, для получения точного результата необходимо применять сферическую геометрию. Однако эти вычисления являются тру-

доемкими. Для ускорения этой операции можно использовать плоскую геометрию, что упростит вычисления, а при столь малых значениях (расстояние порядка 30...50 м) погрешность вычислений будет мала. Рассмотрим это допущение: $\Delta l = l - l_{np}$, рис. 3, где Δl – погрешность измерения при использовании плоской геометрии вместо сферической; l – длина дуги (перемещение по сфере); l_{np} – перемещение по прямой, длина отрезка, соединяющего первую и крайнюю точку дуги на плоскости.

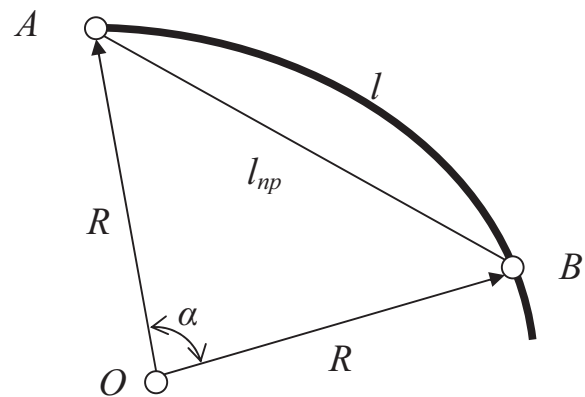


Рис. 3. Участок сечения сферы Земли OAB

На рис. 3 O – центр сферы Земли; R – средний радиус Земли; A – первая точка перемещения; B – вторая точка перемещения; α – сторона сферического треугольника. Расстояние между двумя точками на сфере – длина дуги большого круга. Т. к. треугольник OAB – равнобедренный ($OA=OB=R$), то $l_{np} = 2R \sin(\alpha/2)$. Также известно $\alpha = \frac{l}{2\pi R} 360$,

учитывая малое значение l (50 м) и большое значение R , $\Delta l \approx 0$.

Следовательно, при таких перемещениях можно использовать простую пространственную геометрию:

$h_i = \sum_{j=1}^{i-1} l_j \sin \alpha_j$, где h_i — проекция i -й высоты,

опущенная из точки дуги на отрезок, соединяющий первую и крайнюю точку дуги. На рис. 2 отображены h_1 и h_2 ; l_j — расстояние между точками c_{j-1} и c_j ; α_j — угол между курсом движения в точке c_j и вычисленным результирующим курсом из первой в крайнюю точку дуги.

Алгоритм динамической выборки навигационных данных

Навигационная информация не может передаваться постоянно, т. к. это невозможно с технической точки зрения либо сопряжено с большими финансовыми затратами. Следовательно, целесообразно передавать информацию по блокам. Таким образом, каждая фиксированная точка c_i формирует множество всех записанных точек текущего трека C и множество точек текущего блока b_i . Крайний записанный блок b_{n-1} назовем оперативными данными.

На данный момент в большинстве комплексов передачи навигационной информации используется следующий подход по передаче архивной информации: все архивные точки разбиваются на блоки определенного размера в порядке их фиксации и передаются. Этот подход является самым очевидным, однако, если канал связи неустойчив, то при передаче данных в процессе полета в диспетчерском центре может получиться «рваный» трек с детальными данными в одних частях траектории и без данных в других.

Предлагается новый алгоритм формирования блоков навигационной информации для передачи: выполняется проход по всем архивным точкам и в результирующий блок выбирается каждая i -я точка. Из списка архивных точек удаляются выбранные. Если оставшихся архивных точек больше 0, то определяется новое i , и делается следующий проход для формирования второго блока и так далее до тех пор, пока количество архивных точек не станет равным 0.

Этот алгоритм изменяет порядок точек в блоке и обеспечивает поэтапную передачу навигационной информации в диспетчерский центр, ускоряющую вывод общей траектории на электронную карту. Как видно, i является функцией от набора точек, который подлежит обработке, и максимального размера блока N . Для обеспечения равномерности выбираемых данных по времени (время между двумя выбранными точками больше или равно некоторому t) выбираются те точки, где время фиксации между крайней выбранной и текущей различается не меньше, чем общая длина архивного трека (время), поделенная на максимальное ко-

личество точек в блоке N . Если при проходе (при подходе к концу) остается свободных мест в блоке больше, чем необработанных архивных точек, то оставшиеся выбираются в свободные места без проверки.

Если сгенерированные блоки не были переданы, то точки, выбранные для их формирования, возвращаются в набор архивных и участвуют при следующих сеансах связи — в противном случае удаляются из набора.

Входные параметры итерации алгоритма выборки: D — массив архивных точек; N — максимальное число точек в блоке; t — вычисленное среднее время между точками.

Используемые переменные: f — номер крайней фиксированной точки; i — индекс текущей обрабатываемой точки; K — размер входного массива точек D ; F — количество «свободных» мест в выходном массиве.

Шаг 1. Установить номер текущей точки $i=0$, $f=0$, размерность входного массива $K=size(D)$, $F=N-1$.

Шаг 2. Сохранить точку D_i в выходной массив.

Шаг 3. Перейти к следующей архивной точке, $i=i+1$.

Шаг 3. Если размерность массива стала равной или превысила N или $i>K$ — переход на шаг 7. Иначе — на шаг 4.

Шаг 4. Если время между текущей точкой и крайней фиксированной больше t , либо не проверенных точек в D меньше, чем свободных мест в архивном блоке, то — на шаг 5. Иначе — на шаг 3.

Шаг 5. Индекс крайней фиксированной точки $f=i$. Число свободных мест в архивном блоке уменьшается на единицу, $F=F-1$.

Шаг 6. Сохранить точку D_i в выходном массиве. Далее — на шаг 3.

Шаг 7. Конец.

Для оценки алгоритма введем понятия: $p_{\text{точки}}$ — вероятность передачи одной точки; $p_{\text{части блока}}$ — вероятность передачи любой части блока (любой точки блока); $p_{\text{блока}}$ — вероятность передачи блока. При использовании существующих подходов $p_{\text{точки}} = p_{\text{части блока}} = p_{\text{блока}}$, так как одна точка помещается только в один блок, который не делится на подблоки. При использовании предлагаемого алгоритма выборки навигационной информации точки одного блока распределяются по k блокам (число переданных блоков). Следовательно, за счет разделения на подблоки новое значение $p_{\text{части блока}} = k p_{\text{блока}}$. В условиях качественной связи k равно 1, однако в условиях неустойчивой связи, значение будет больше 1.

Таким образом, хотя число переданных точек, выбранных существующим и предлагаемым алгоритмами при равных условиях одинаково, время, необходимое для отображения общей траектории при использовании нового алгоритма — меньше.

Внешний вид разработанного программного обеспечения интуитивно понятен пользователю, рис. 4.

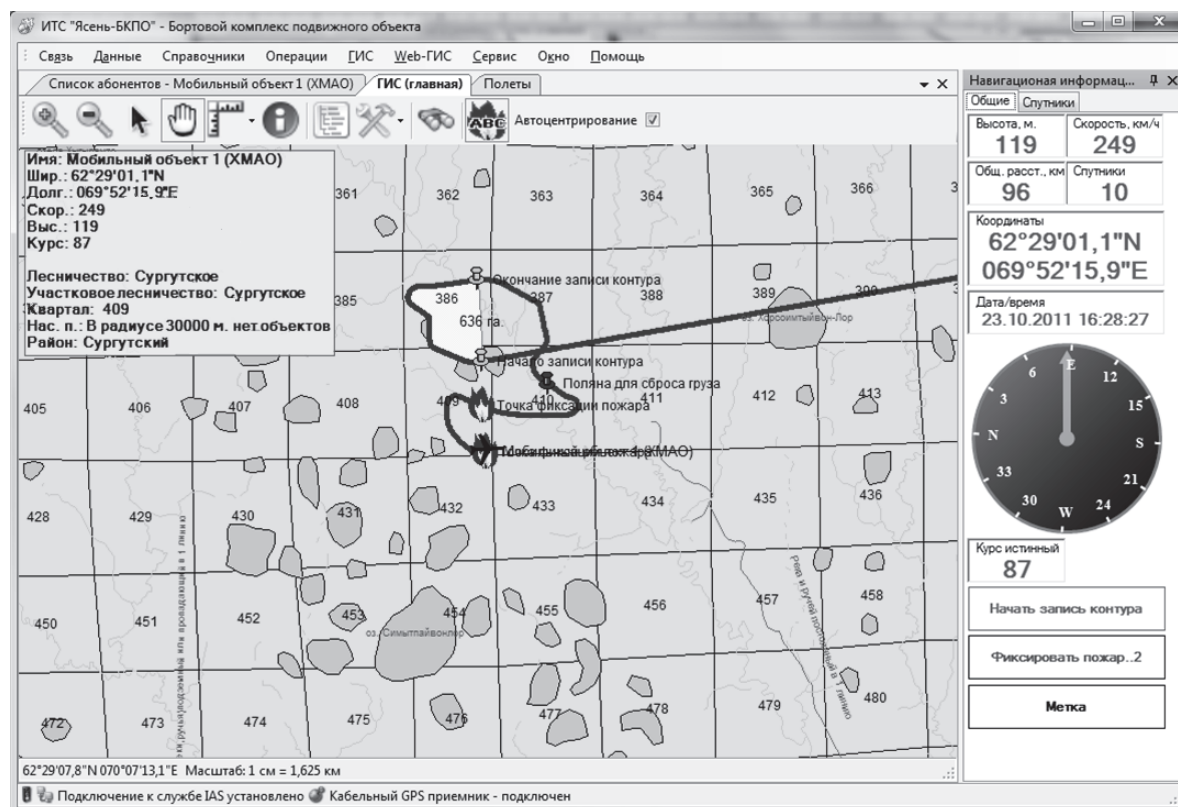


Рис. 4. Интерфейс программного обеспечения бортового комплекса мониторинга лесопожарной обстановки

Таблица. Сравнение алгоритмов фильтрации навигационной информации

Кол-во тыс. точек до фильтрации	Кол-во точек		Ср. откл. трека, м	
	1	2	1	2
20	1283	1659	8,5	21,2
30	1462	2140	9,3	23,1
23	1379	1821	8,8	20,8

Программное обеспечение «Ясень-БКПО» [5] внедрено в составе информационно-телекоммуникационной системы «Ясень» в структурах лесного хозяйства Московской, Новосибирской, Свердловской областей и Ханты-Мансийского автономного округа.

Верификация алгоритмов

Разработанные алгоритмы были реализованы и верифицированы в реальных условиях. Результат сравнения стандартного алгоритма фильтрации навигационной информации наземных транспортных средств и предлагаемого представлены в таблице. Столбцы с индексом 1 отображают результаты использования нового, с индексом 2 – стандартного алгоритмов. Сравнимые параметры:

количество точек после фильтрации, среднее отклонение точек исходного трека от нового.

Из таблицы следует, что традиционный алгоритм генерирует трек с большим числом точек и погрешностью, превышающей заданную (равную 10 м) более чем в 2 раза.

Заключение

Разработана структура программного обеспечения мониторинга лесопожарной обстановки, используемая для автоматизации работы летчика-наблюдателя службы авиационной охраны лесов на основе динамически подключаемых модулей.

Предложены алгоритмы фильтрации и динамической выборки навигационной информации для передачи, позволяющие повысить ее оперативность и достоверность за счет более эффективного использования канала связи.

Результаты испытаний подтвердили корректность теоретических выкладок и разработанных алгоритмов.

Работа выполнена при проведении НИР в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» 2009–2013 гг. Госконтракт № П2396.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коровин Г.Н., Андреев Н.А. Авиационная охрана лесов. — М.: Агропромиздат, 1988. — 220 с.
2. Сонькин М.А., Печерская Е.И., Семькин С.В. и др. Информационно-телекоммуникационная система мониторинга лесопожарной обстановки субъекта РФ (ИТС «Ясень») // Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011614800. — 2011.
3. Беляев А.И., Коровин Г.Н., Лупян Е.А. Состояние и перспективы развития Российской системы дистанционного мониторинга лесных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Труды III открытой Всероссий. конф. — М.: ИКИ РАН, 2006. — С. 341–350.
4. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / под ред. В.Н. Харисова, А.И. Петрова, В.А. Болдина. — М.: ИПРЖР, 1999. — 400 с.
5. Сонькин М.А., Печерская Е.И., Комлев А.Н. и др. Программное обеспечение бортового комплекса подвижного объекта для мониторинга лесных пожаров // Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011614798. — 2011.

Поступила 26.10.2011 г.

УДК 004.62

ЗАДАЧА СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В.В. Вейбер, А.В. Кудинов, Н.Г. Марков*

Томский политехнический университет

*ОАО «ВостокГазпром», г. Томск

E-mail: webvad@tpu.ru

Рассмотрены задачи сбора технологической информации промышленного предприятия и ее передачи на уровень управления и принятия решений. Проанализированы проблемы использования стандарта OPC для решения указанных задач. Предложена оригинальная архитектура и функции разработанного программного пакета для сбора первичных технологических данных на основе принципов SOA, приведены результаты исследования эффективности предложенных решений по сравнению с аналогами.

Ключевые слова:

Интеграция производственных данных, стандарт OPC, веб-сервис.

Key words:

Manufacturing data integration, OPC standard, Web-service.

Актуальной задачей автоматизации промышленных предприятий является создание единого информационного пространства для объективной и оперативной оценки текущей ситуации на производстве, быстрого принятия оптимальных управленческих решений, ликвидации информационных и организационных барьеров между управленческим и технологическим уровнями. В свою очередь, организация единого информационного пространства невозможна без создания надежного механизма сбора первичной технологической информации и ее передачи на вышестоящие уровни управления и принятия решений. Задача сбора детальных технологических данных и оперативного управления производством на их основе традиционно решается с применением разного рода автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП).

Это не означает, что потребность в первичных технологических данных испытывают только специалисты, находящиеся на уровне оперативного управления. Как сами детальные данные, так производные от них (например, рассчитанные на их

основе агрегатные показатели), являются необходимой и существенной частью информационного обеспечения процессов управления производством как на среднем уровне (по модели CIM), так и на уровне стратегического управления предприятием. Автоматизация процессов управления на этих уровнях ведется при помощи систем классов MES, EAM, ERP, BI и других. Таким образом, построение единого информационного пространства промышленного предприятия предполагает, в том числе, организацию оперативного и надежного доступа к технологическим данным, контролируемым при помощи АСУТП, со стороны внешних информационных систем.

Решение этой, интеграционной по сути, задачи сопряжено с целым рядом как технических, так и организационных проблем, анализу которых, а также поиску возможных вариантов их преодоления посвящена эта работа.

Нетривиальность задачи вертикальной интеграции по данным информационных систем промышленного предприятия и АСУТП обусловлена следующими факторами: