

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

Том 9, №3 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-3.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/41TVN317.pdf>

Статья опубликована 06.06.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Аксенов Д.Н., Курганов К.И., Чашин Е.А. Аппаратно-программный комплекс диспетчеризации предприятия карьероуправления // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №3 (2017)

<http://naukovedenie.ru/PDF/41TVN317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 004.41

Аксенов Дмитрий Николаевич

ОАО «Ковровское карьероуправление», Россия, Ковров

Генеральный директор

E-mail: akc.d@mail.ru

Курганов Константин Игоревич

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», Россия, Иваново

Студент

E-mail: kurganovk@gmail.com

Чашин Евгений Анатольевич

ФГБОУ ВПО «Ковровская государственная технологическая академия им. В.А. Дегтярева», Россия, Ковров¹

Заведующий кафедрой «Электротехники»

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: kanircha@list.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=42261

Аппаратно-программный комплекс диспетчеризации предприятия карьероуправления

Аннотация. В статье показана возможность реализации принципов бережливого производства. Описан аппаратно-программный комплекс, предназначенный для формализации принятия руководством стандартных управленческих решений, основанный на сборе и обработке в режиме реального времени данных о текущий производственных показателях, полученный с тензодатчиков, установленных на опорах ведущих валов, размещенных на входном и входных ленточных конвейерах. В работе описана область применения комплекса, проанализированы бизнес-процессы характерные для области добычи нерудных ископаемых и приводится обобщенная характеристика производственного процесса, разработана методология решения поставленных задач и алгоритмы обработки и хранения производственно-технологических данных. Предлагается использование этого комплекса для автоматизации производства на предприятиях со схожими технологическими процессами. Комплекс уже успешно применяется на предприятии «Ковровское карьероуправление» и результатом использования комплекса является: сокращения в 3,4 раза время простоя оборудования, что позволило увеличить объем выпуска продукции на 25% при одновременном увеличении в 1,9 раз коэффициента выхода готовой продукции с 33,4% до 62% при одновременном снижении непроизводственных издержек с 50% до уровня, являющегося

¹ 601910, Владимирская обл., г. Ковров, ул. Маяковского, 19

типовым для отрасли. Приведены алгоритм работы аппаратно-программного комплекса, UML диаграммы и скриншоты пользовательского интерфейса.

Ключевые слова: алгоритм; тензодатчик; конвейер; выработка; простой; издержки

Введение

ОАО «Ковровское карьероуправление» (ККУ) - одно из крупнейших предприятий по добыче нерудных полезных ископаемых во Владимирской области. «Ковровское карьероуправление» выпускает более 50% объема щебня, производимого предприятиями области. Продукцией предприятия является щебеночно-песчаной смесь, известняковой мука, доломитовый щебень и кусковой доломит. Все эти продукты широко используются в гражданском промышленном и дорожном строительстве и могут сами являться сырьем для производства строительных материалов [1].

Предприятие ведет разработку щебня из карьера открытым способом. Этот подход определяет следующие задачи: отслеживание реального объема перерабатываемого сырья, анализ времени простоя и неисправностей оборудования, определение коэффициента выхода товарной продукции. До настоящего времени анализ времени простоя не выполнялся совсем, а отслеживания реального объема сырья и определение выхода товарной продукции решалось путем непосредственного измерения маркшейдером объема конуса готовой продукции с последующим вычислением общей массы продукции и сверкой этих значений с первичной бухгалтерской отчетностью. При таком подходе, без применения информационных систем и технологий, невозможно оперативно получить требуемую производственно-технологическую информацию, в большинстве случаев, из-за субъективных и объективных искажений. Из-за этого оперативное принятие стандартных управленческих решений становится невозможным и как следствие снижаются показатели эффективности всего производства [2].

Это делает актуальным разработку системы для обеспечения информацией руководства предприятия для принятия стандартных управленческих решений на предприятии ККУ, что позволит адекватно и своевременно реагирование на возникающие производственные задачи подразделений и всего предприятия в целом и за счет этого сокращать издержки производства, достигающие 63%.

Научная новизна

Известные способы повышения эффективности работы оборудования путем обеспечения операторского контроля за технологическими процессами в реальном времени, которые решаются с использованием SCADA-систем. SCADA (аббр. от англ. Supervisory Control And Data Acquisition - диспетчерское управление и сбор данных) - аппаратно-программный комплекс, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления [3].

Основные задачи, решаемые SCADA-системами [5]:

- Сбор данных от датчиков и представление их оператору в удобном для него виде, включая графики изменения параметров во времени;
- Дистанционное управление исполнительными механизмами;
- Ввод заданий алгоритмам автоматического управления;

- Реализация алгоритмов автоматического контроля и управления (чаще эти задачи возлагаются на контроллеры, но SCADA-системы тоже способны их решать);
- Распознавание аварийных ситуаций и информирование оператора о состоянии процесса;
- Формирование отчетности о ходе процесса и выработке продукции.

При решении задач отслеживания работы оборудования, с целью формирования стандартных управленческих решений на ККУ, эффективное использование таких систем затруднено из-за высокой стоимости и возникающей избыточности в виду невозможности реализации дистанционного управления исполнительными механизмами, ввода заданий алгоритмам автоматического управления из-за отсутствия автоматического управления на предприятии.

Научная новизна работы заключается в создании аппаратно-программного комплекса, основанного на сборе и обработке в режиме реального времени данных от тензодатчиков, установленных на опорах ведущих валов, размещенных на входном и входных ленточных конвейерах, для представления информации достаточной для принятия руководством ККУ стандартных управленческих решений, а также оперативного воздействия на технологический процесс, для снижения издержек с 62% до уровня являющегося типовым для отрасли.

Описание технологического процесса и алгоритма системы

Функционирование системы неразрывно связано с технологическим процессом выработки щебня, схема которого представлена на рис. 1. В начале производственного цикла горную массу, при помощи большегрузных самосвалов помещают в бункер с грохотом-питателем 1. Затем масса измельчается в агрегате крупного дробления 2, и подается на ленту 6 конвейера. На одном из опорных валов ленты конвейера 6 в соответствии с технологическими схемами установлен входной тензодатчик 9 типа ВНК-1000, измеряющий вес сырья, доставленного на производство. Далее через промежуточный бункер-склад 3 сырье попадает на агрегат среднего дробления 4, в котором производится дробление породы в соответствии с установленной в плане работ вырабатываемой фракцией щебня. Перемещение породы из агрегата дробления осуществляется по конвейеру 7. Последний этап в производстве щебня заключается в расसेве его по фракциям посредством грохотов, настроенных на определённые размеры зерен [4]. Этот этап осуществляется в агрегате сортировки 5, который распределяет щебень по фракциям или отправляет его на повторное дробление через конвейер 8. После этого щебень по ленточным конвейерам 8 разделяется на конуса по фракциям. На опорных валах конвейеров 8 также установлены тензодатчики 10 типа ВНК-1000, измеряющие вес щебня, поступающего в соответствующий конус.

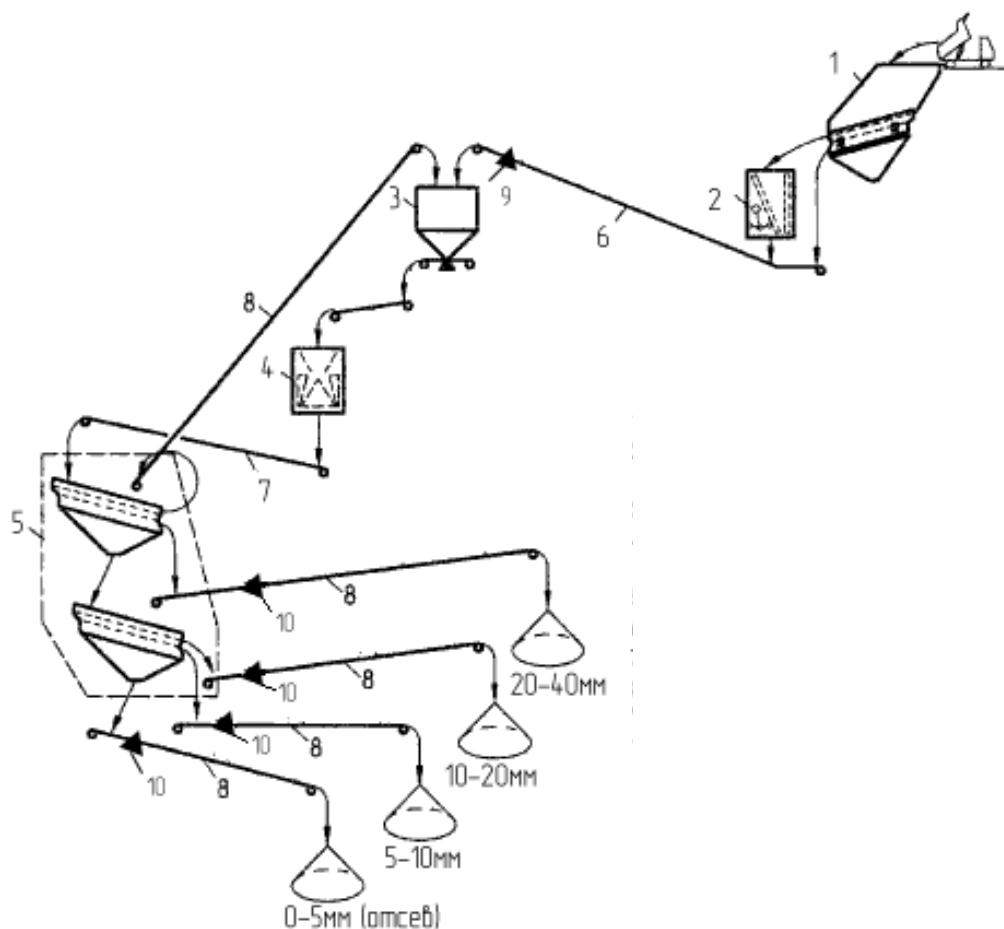


Рисунок 1 Схема технологического процесса производства щебня на ККУ: 1 - бункер с грохотом питателем; 2 - агрегат крупного дробления с щековой дробилкой; 3 - бункер-склад промежуточный; 4 - агрегат среднего дробления с дробилкой; 5 - агрегат сортировки; 6-8 - конвейер ленточный стационарный; 9 - тензодатчик входной; 10 - выходные тензодатчики (разработан авторами)

С выхода тензодатчиков 9, 10 (см. рис. 1) в режиме реального времени считываются и передаются на контроллер ТВ-011 следующие данные:

- Линейная плотность горной массы (предел измерения: 30...1250 кг/м, погрешность измерения: $\pm 0,5...2,0$ от измеряемой массы) - данные о текущей массе щебня или горной породы на ленте. Если лента остановлена отдает специальный сигнал «STOP».
- Общее число перевезенной горной массы (предел измерения: 0...999999 т, погрешность измерения: $\pm 0,5...2,0$ от измеряемой массы) - накопительное показание.

UML диаграмма развертывания представляет архитектурное строение элементов системы [10]. Ниже приведена такая диаграмма, показывающая взаимосвязь сигналов тензодатчиков (см. рис. 1, поз. 9, 10) и аппаратно-программного комплекса приведена на рис. 2.

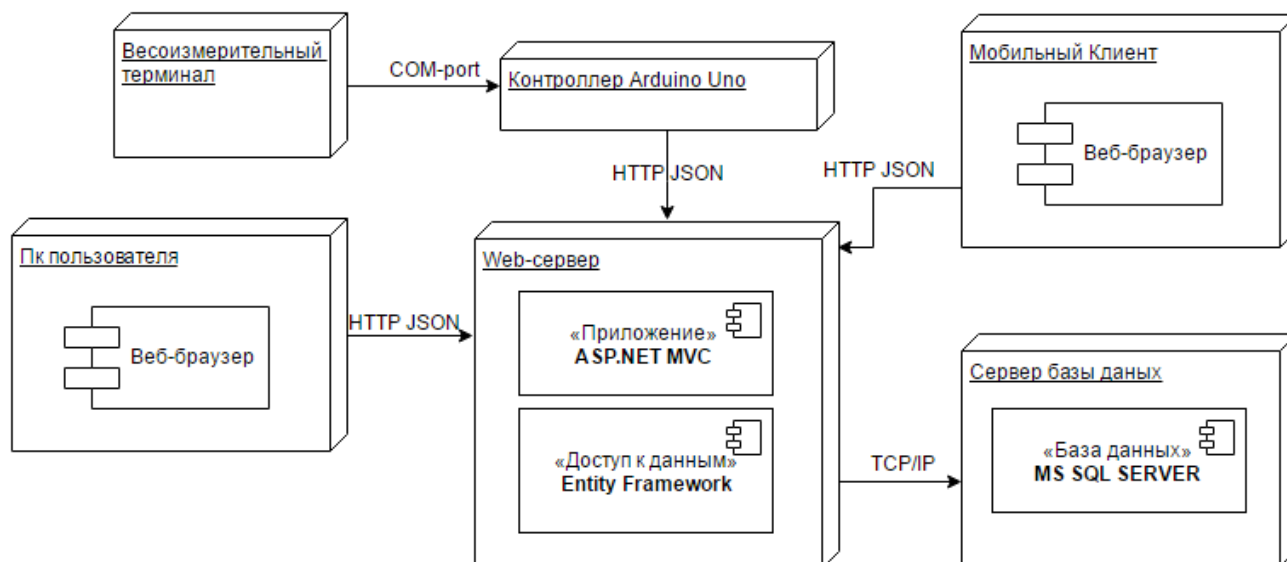


Рисунок 2. Диаграмма развертывания (разработан авторами)

Аппаратно-программный комплекс (см. рис. 2) разработанный для технологического процесса ККУ включает в себя:

- Весоизмерительный терминал - включающий в себя промышленный контроллер ТВ-011, считывающий аналоговый сигнал датчика ВНК-1000.
- Контроллер Arduino Uno - программируемый микроконтроллер, соединенный с водоизмерительным терминалом, обеспечивающий передачу полученных от него данных через интернет на Web-сервер системы.
- Web-сервер - серверное приложение, которое отвечает за обработку данных поступающих в систему, согласно бизнес-логике процессов, установившихся на предприятии, обеспечивающий взаимодействие мультиплатформенных клиентов системы [9]. Сервер должен располагаться во внешней сети. Основными технологиями, использованными при создании сервера, являются:
 - ASP.NET MVC - фреймворк, обеспечивающий выполнение паттерна MVC (Model-View-Controller), определяющий разделение данных от их представлений [7].
 - Entity Framework - фреймворк, предоставляющий слой взаимодействия приложения и базы данных, позволяющий делать запросы к базе данных на языке разрабатываемой системе [6].
- Сервер базы данных - сервер на котором разворачивается MS SQL база данных.
- Пк пользователя - является тонким клиентом системы. Используя веб-браузер, пользователи могут взаимодействовать с системой через пользовательский интерфейс представленный как веб-приложение.
- Мобильный клиент - аналогично является тонким клиентом, через встроенный браузер определенная группа пользователей (Мастера) взаимодействуют с системой используя мобильную версию веб-приложения.

В системе используются следующие механизмы информационного обмена:

- Между весоизмерительным терминалом и Платой Arduino Uno - соединение через последовательный порт (COM-порт), типа RS-485. Для получения текущих

показаний (предоставляемых в виде массива байт), плата должна отправить запрос через этот порт, определённый спецификацией терминала.

- Все остальные элементы системы должны использовать протокол передачи данных http и формата обмена данными JSON.

Работа аппаратно-программного комплекса (см. рис. 2) разработанного для технологического процесса ККУ позволяет выполнять мониторинг и диагностику конвейера (см. рис. 1) без установки дополнительного оборудования, а именно получать с контроллера ТВ-011 и фиксировать по каждому отдельно взятому тензодатчику (см. рис. 1, поз. 9, 10) следующие значения: время получения текущих показаний, т.е. линейную плотность сырья; суммарные показания - общее число перевезенной лентами массы. Кроме того, изменение сигналов с тензодатчиков так же позволяет оперативно оценивать и однозначно идентифицировать относительно календарной даты, номера смены и ответственного лица, простой каждой ленты транспортёра:

- «OFF» - отсутствует питание в подразделении;
- «STOP» - лента транспортера остановлена;
- «OK» - лента работает в штатном режиме;
- «NO-LOAD» - транспортер находится на холостом ходу;
- «INCIDENT» - незапланированная остановка транспортера.

Алгоритм функционирования приведен на рис. 3. За начало принимается момент, когда сменный мастер заступает на смену согласно штатного расписания, утверждаемого руководством ККУ и заблаговременно внесенного в систему. Все смены до их начала имеют состояние «запланирована». Мастер, заступая на смену по расписанию, запускает ее в системе, используя персональное мобильное устройство. При этом в базе данных, состояние текущей смены меняется на «Исполняется», и смене соотносятся текущие суммарные показания датчиков. В течении смены, руководитель любого уровня, начиная от сменного мастера и заканчивая директором ККУ, может следить за текущими показаниями всех датчиков (пример пользовательского интерфейса представлен на рис. 4-6). Показания датчиков 9, 10 (см. рис. 1) обновляются через заданный времени t . Если датчик меняет свое состояние на отличное от «OK», то начинается отсчет время простоя в течении смены который увеличивается нарастающим итогом на величину t . Если время простоя превышает заданный технологическим процессом период времени T , то принимается, что на производстве возникла неисправность и в системе, в текущей смене создается Инцидент. Одновременно с этим, сменный мастер получает уведомление о неисправности на месте, где установлен датчик на свое мобильное устройство. По поступлении сигнала о неисправности, сменный мастер, согласно своей должностной инструкции, выходит на аварийный участок конвейера, идентифицирует причину неисправности, заносит ее в систему и приступает к ее устранению самостоятельно, либо путем привлечения соответствующих специалистов ремонтной службы ККУ.

Если сменный мастер в течении рабочей смены выявил и добился устранения неисправности, то он заносит ее в систему и закрывает инцидент. В противном случае он останавливает производство и руководство получает уведомление об этом. Это уведомление содержит все данные, достаточные для принятия стандартные управленческие решения (дата и время инцидента, подразделение, текущая смена, предполагаемая причина и т.д.). В одну смену возможно появление нескольких инцидентов на разных участках производства.

По окончании смены в системе заканчивается в установленное время окончание смены, смены меняет свое состояние на «Окончена» и в базу данных записывается разница между

показаниями датчиков в конце и начале смены, что позволяет определить общую выработку за смену:

$$m_{\text{общ.}} = m_{\text{нач.}} - m_{\text{кон.}} \quad (1)$$

где: $m_{\text{общ.}}$ - общая выработка; $m_{\text{нач.}}$ - общее число перевезенной горной массы в начале смены, полученное с входного датчика; $m_{\text{кон.}}$ - общее число перевезенной горной массы в конце смены, полученное с входного датчика.

А также коэффициент выхода:

$$\mu = 1 - \frac{m_{\text{отсев}}}{m_{\text{общ.}}} = 1 - \frac{m'_{\text{нач.}} - m'_{\text{кон.}}}{m_{\text{общ.}}} \quad (2)$$

где: $m_{\text{отсев}}$ - общая масса отсева; $m'_{\text{нач.}}$ - общее число перевезенной горной массы в начале смены, полученное с датчика отсева; $m'_{\text{кон.}}$ - общее число перевезенной горной массы в конце смены, полученное с датчика отсева.

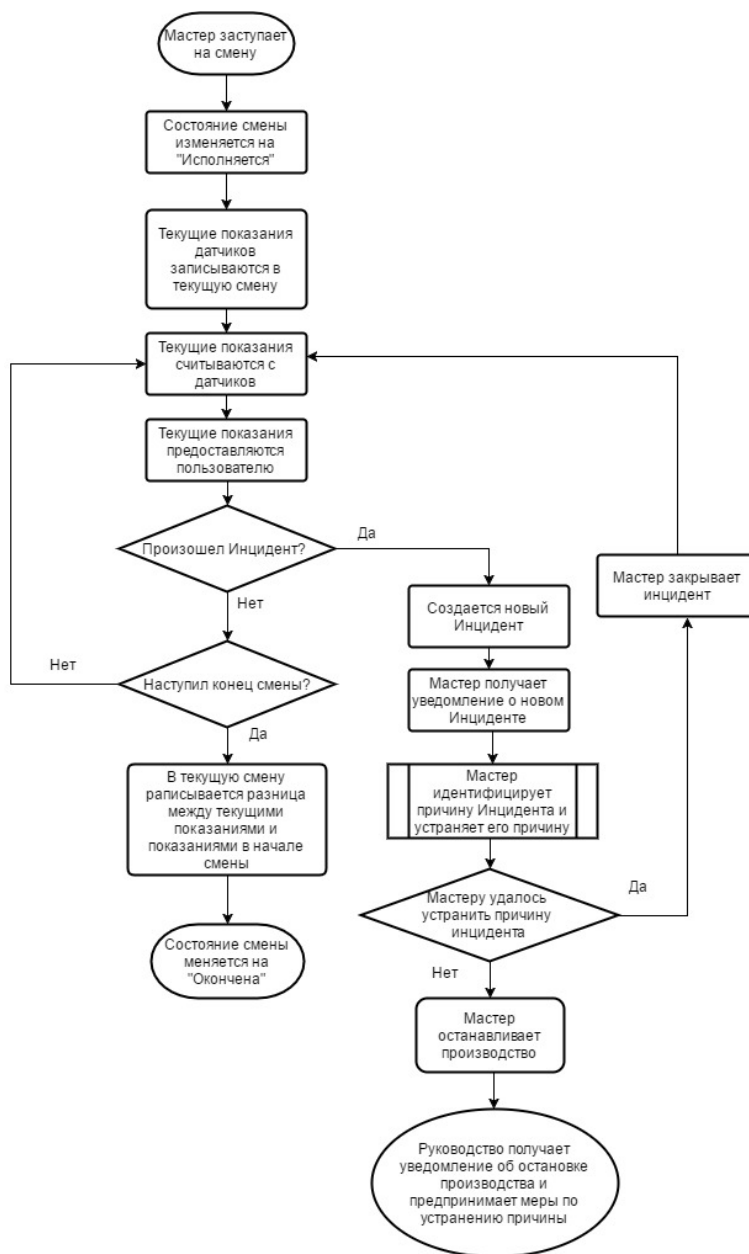


Рисунок 3. Блок-схема алгоритма действия системы (разработан авторами)

Всея эта информация сохраняется в базе данных MS SQL SERVER (см. рис. 2) и предоставляется пользователям системы путем выполнения определенных выборок по интересующим параметрам, генерируемых Entity Framework при обращении на Web - сервер [8] (см. рис. 2).

Результаты

Пример пользовательского интерфейса представлен на рис. 4, где показан представление всех текущих показаний датчиков.

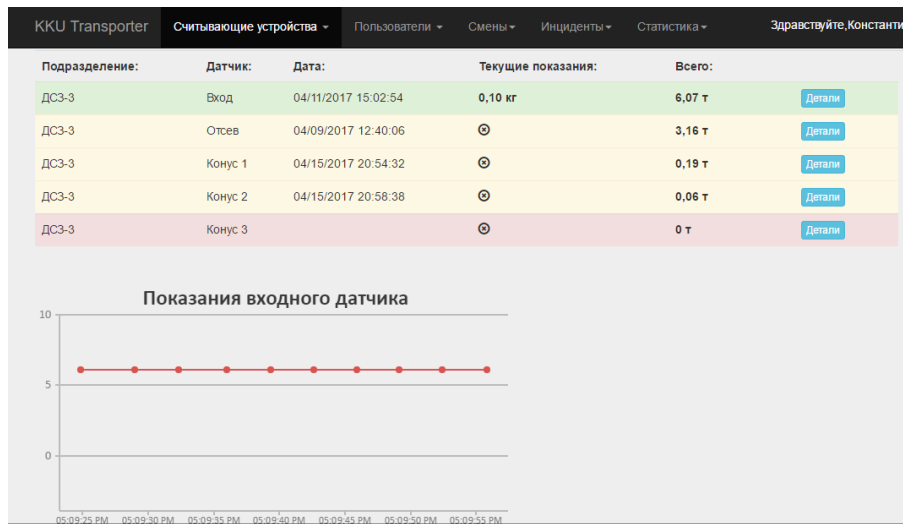


Рисунок 4. Экран с текущими показаниями датчиков (разработан авторами)

На экране информации о смене, представленном на рис. 5 можно получить информацию о всех установленных производственных показателях, с помощью которых делает возможным производить анализ времени простоя оборудования и коэффициента выхода готовой продукции (2).

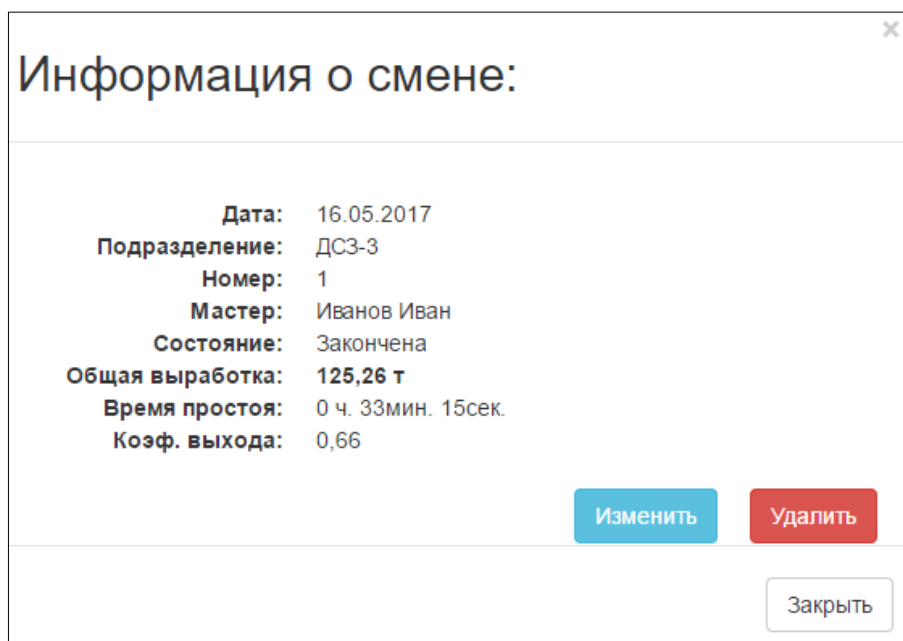
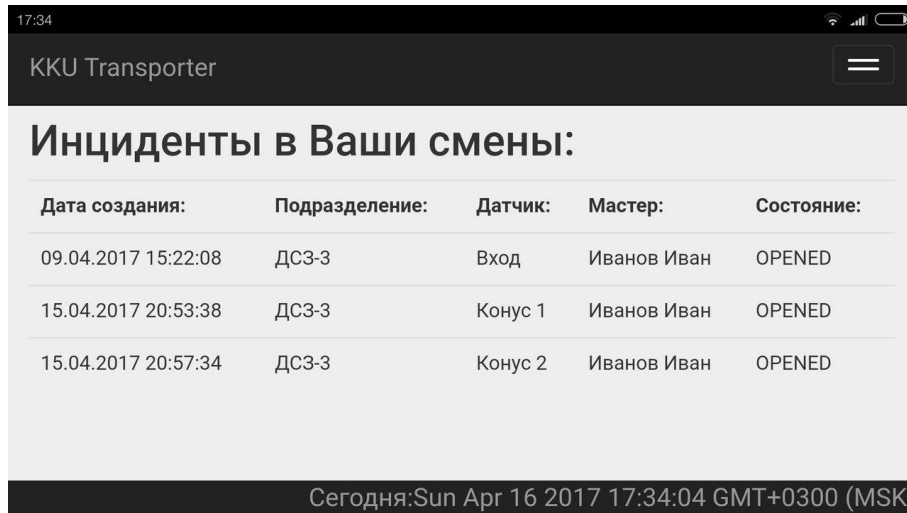


Рисунок 5. Информация о смене (разработан авторами)

Также в системе существует контроль по случившимся инцидентам, используя мобильное устройство. Список всех инцидентов для определенного мастера представлен на рис. 6.



The screenshot shows a mobile application interface for 'KKU Transporter'. At the top, the title 'Инциденты в Ваши смены:' is displayed. Below it is a table with five columns: 'Дата создания:', 'Подразделение:', 'Датчик:', 'Мастер:', and 'Состояние:'. The table contains three rows of incident data. At the bottom of the screen, a status bar shows the current date and time: 'Сегодня: Sun Apr 16 2017 17:34:04 GMT+0300 (MSK)'.

Дата создания:	Подразделение:	Датчик:	Мастер:	Состояние:
09.04.2017 15:22:08	ДСЗ-3	Вход	Иванов Иван	OPENED
15.04.2017 20:53:38	ДСЗ-3	Конус 1	Иванов Иван	OPENED
15.04.2017 20:57:34	ДСЗ-3	Конус 2	Иванов Иван	OPENED

Рисунок 6. Список инцидентов (разработан авторами)

Дополнительной функцией системы является формирование отчетов, основанных на математической и статистической оценке технологических показателей, полученных в течении смен, проведенных за определенный временной период. Пример такого отчета представлен на рис. 7. Этот отчет содержит данные о суммарной выработке, времени простоя и коэффициенте выхода, полученных за две недели работы предприятия. Отчет дополнен графиком распределения общей выработанной горной массы по дням.



Рисунок 7. Пример сводного отчета (разработан авторами)

Общая выработка в выбранный промежуток времени вычисляется по формуле:

$$M = \sum_{t_0}^t m_{\text{день}} \quad (3)$$

где: t_0 - начало периода; t - конец периода; $m_{\text{день}}$ - общая выработка за день:

$$m_{\text{день}} = \sum_{i=1}^N m_{\text{обц}} \quad (4)$$

где: N - количество смен в день на всех подразделениях.

Средний коэффициент выхода в выбранный промежуток времени:

$$E = \frac{1}{n} \sum_{t_0}^t \mu_{\text{день}} \quad (5)$$

где: n - количество рабочих дней; $\mu_{\text{день}}$ - среднее за день значение коэффициента выработки вычисляемое по формуле:

$$\mu_{\text{день}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N \mu \quad (6)$$

Обсуждение

С помощью использования системы становится возможным решения всех поставленных задач. Созданное аппаратно-программное средство формирует отчеты функционирования конвейеров (см. рис. 7), основанные на математической и статистической оценке за смену или выбранный период времени и создает сравнительные графики, содержащие информацию для более комплексного анализа состояния оборудования и истории его эксплуатации. Графическое представление и накопление информации о причинах возникновения различных неисправностей в конкретных местах эксплуатации позволяет быстро определять причины поломок и заблаговременно выявить потенциальные неисправности и выходы из строя. Например, если анализ показывает экспонентное снижение от смены к смене общей выработки одного из конвейеров, при сохранении неизменного коэффициента выхода, то это может свидетельствовать о неисправности ленты транспортера и необходимости срочного технического обслуживания данного конвейера. Ранее это выполнялось путем сверки бухгалтерской отчетности 1 раз в месяц, приводило к непроизводительным издержкам до 50 %. Использование разработанного аппаратно-программного комплекса позволило снизить издержки более чем в 5 раз до 10%.

Другой пример - простой оборудования, оказывающий существенное влияние на выполнение плана производства и значительно сказывается на финансовых показателях предприятия. До внедрения системы не было никаких средств контроля работы оборудования, и это приводило к долгим простоям до одного дня, в следствии технических неисправностей. Теперь, Мастер получает информацию в течении нескольких минут после появления неисправности, и в зависимости от причины и сложности может устранить ее в более короткие сроки, составляющие менее двух часов.

Разработанный аппаратно-пограммный комплекс, работает напрямую с тензодатчиками, выполняющими функцию весового контроля и сохраняя всю историю, в реальном времени предоставляет необходимые для анализа и принятия решения данные (1-4). Благодаря этому руководители всех уровней получают объективный анализ спорных ситуаций и контроль параметров конвейера, которые могут повлиять на его работоспособность. Совокупно это позволило повысить эффективность производственно-технологических процессов, а именно увеличить коэффициент выхода готовой продукции с 33,4% до 62%, а также снизить время простоя с 109 часов до 32 часов в месяц, что позволило увеличить объем выпуска продукции на 25%.

Выводы

Разработанный аппаратно-программный комплекс позволил внедрить на ККУ, систему направленную на реализацию принципов концепции бережливого управления производством, в которой в режиме реального времени, по сигналам от тензодатчиков, установленных на опорах ведущих валов, размещенных на входном и входных ленточных конвейерах, выполняется оперативный контроль работы производства, методами математической статистики анализируются технологические показатели, и формируются сводные отчеты, формализующие принятие руководством ККУ стандартных управленческих решений. Оперативное воздействия на технологический процесс, в результате внедрения аппаратно-программного комплекса, позволило сократить в 3,4 раза время простоя оборудования с 109 часов до 32 часов в месяц. Это позволило в свою очередь увеличить объем выпуска продукции на 25%, повысить в 1,9 раз эффективность производственно-технологических процессов, а именно коэффициента выхода готовой продукции с 33,4% до 62% при одновременном снижении непроизводственные издержки в 5 раз с 50% до уровня являющегося типовым для отрасли. Предлагаемый аппаратно-программный комплекс может быть рекомендован к применению на предприятиях со схожими технологическими процессами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еремин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые. - 2-е изд. - М.: Академкнига, 2007. - 459 с.
2. Голов Р.С., Агарков А.П., Рождественский А.В. Системы управления инновационно-инвестиционной деятельностью промышленных организаций и подготовкой машиностроительного производства. - М.: Дашков и К°, 2014. - 448 с.
3. Definition of SCADA // PC Enciclopedia. URL: <http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/50832/scada> (дата обращения: 2.05.2017).
4. Чирков А.С. Добыча и переработка строительных горных пород. - М.: Изд-во МГТУ, 2009. - 622 с.
5. Sommerville Ian. Software Engineering, 9th Edition, Addison-Wesley, 2011. - 773 с.
6. Sikha Bagui, Richard Earp. Database Design Using Entity-Relationship Diagrams (Foundations of Database Design). - New York: Auerbach Publications, 2015. - 371 с.
7. Общие сведения о ASP.NET MVC // MSDN URL: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/dd381412\(v=vs.108\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/dd381412(v=vs.108).aspx) (дата обращения: 16.04.2017).
8. Пантелеев Е.Р. Методы сортировки и поиска. Учебное пособие. - Иваново: Изд-во ИГЭУ, 2006. - 80 с.
9. Пантелеев Е.Р. Структуры и алгоритмы обработки данных. Учебное пособие. - Иваново: Изд-во ИГЭУ, 2005. - 96 с.
10. Александр Леоненков. Самоучитель UML 2. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2007. - 576 с.

Aksenov Dmitry Nikolaevich

Kovrovskoe kareroupravlenie, Russia, Kovrov
E-mail: akc.d@mail.ru

Kurganov Konstantin Igorevich

Ivanovo state power-engineering university, Russia, Ivanovo
E-mail: kurganovk@gmail.com

Chaschin Yevgeny Anatolevich

Kovrov state technical academy, Russia, Kovrov
E-mail: kanircha@list.ru

Hardware-software dispatching complex for career administration

Abstract. The article shows the possibility of implementing the principles of lean production. A hardware and software complex is intended for the formalization of legal acts based on the collection and processing real-time data on actual technological indicators obtained from sensors installed on the supports of the drive shafts located on the input and input belt conveyors. The article describes the scope of the complex, analyzes the business processes that are typical for the field of mining and their generalized characteristics of the production process, methods of the methodology of solving the tasks and methods of processing and storing production and technological data. The proposed use of this complex for the automation of production in enterprises with similar technological processes. The complex has already been successfully applied at the Kovrovskoe Karyeroupravlenie enterprise and showed following results: a 3,4-fold decrease in the idle time of equipment, which increases the output by 25% while increasing the output ratio by a factor of 1,9 from 33,4% up to 62%, while reducing non-production costs from 50% to the level that is typical for the industry. Algorithms of operation of the hardware-software complex, UML diagrams and screenshots of the user interface are given.

Keywords: algorithm; strain gauge; conveyor; production; downtime; costs