

УДК 621.7

DOI: 10.30987/article_5c1291465e1fd9.89606946

Е.Б. Фролов, д.т.н., **В.В. Крюков** к.т.н.,
И.И. Нечаева, преподаватель, **А.В. Волгапкин**, магистр
(Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
103155, Россия, г. Москва, Вадковский пер.3а)
E-mail: fobos.mes@gmail.com

Интеграция САПР ТП и MES на основе сквозного конструкторско-технологического проектирования

Рассмотрена проблема интеграции систем технологического автоматизированного проектирования технологических процессов САПР ТП и MES на основе формирования базы данных результатов контроля партий деталей и сборочных единиц. Особое внимание уделяется возможности автоматического проектирования технологического процесса на основе 3D-модели детали с их передачей в MES. Приведена диаграмма Ишикавы как инструмент оперативного функционально-стоимостного анализа.

Ключевые слова: САПР ТП; MES; PLM; цикл Шухарта-Деминга; OEE; MCE.

E.B. Frolov, Dr. Sc. Tech., **V.V. Kryukov**, Can. Sc. Tech.,
I.I. Nechaeva, Lecturer, **A.V. Volgapkin**, Master
(Moscow State Technological University "STANKIN", 3a, Vadkovsky Alleyway, Moscow, Russia, 103155)

CAD TP and MES integration based on through technological design

There is considered an integration problem of CAD TP and MES systems for automated technological design of engineering processes based on the database formation of control results of workpiece batches and assembly units. Particular attention is paid to the possibility of engineering process automated design based on 3D model of a part with their transfer to MES. Ishikawa's diagram is shown as a tool for a rapid functional-cost analysis.

Keywords: CAD TP; MES; PLM; Schuhart-Deming cycle; OEE; MCE.

Результат работы САПР ТП – подготовка технологических данных для оперативного планирования производства

Задача развития цифровой экономики делает особенно актуальными решение задач по непрерывному мониторингу производственного процесса, выполнению сроков, ассортимента и объёмов всех необходимых для выполнения заказа ресурсов на предприятии, контролю качества выпускаемой продукции [1].

Традиционно сложилось так, что Система автоматизированного технологического проектирования (САПР ТП) должна «выдать»

комплект технологической документации на основе либо 3D-модели деталей и сборочных единиц (ДСЕ), либо вообще при работе в диалоговом режиме. Почему-то стало привычным, сформировав комплект технологической документации, на этом остановиться. Далеко не все задумываются о необходимости увязать цепочку интегрированных систем между собой, обеспечить системы, которые идут вслед за технологическим проектированием, всей необходимой информацией.

Помимо основных, общепринятых функций САПР ТП должна иметь возможность подготовить все необходимые данные для систем, находящихся после нее в цепочке интегриро-

ванных систем на предприятии [3, 4, 6]. Обычно это системы проектирования PLM (Product Lifecycle Management), системы планирования различных уровней ERP (Enterprise Resource Planning) и MES (Manufacturing Execution Systems), системы финансового анализа и т.д. В данной статье более подробно рассмотрим интеграцию САПР ТП с MES [2, 5].

Интеграция САПР ТП и MES – основа эффективного расчета производственного расписания

Только при гарантии обеспечения MES-системы качественными технологическими данными можно рассчитывать на то, что оптимизация на этапе расчета производственного расписания может иметь шанс на полезность. Качественные технологические данные, конечно же, подразумевают грамотно спроектированный технологический процесс (ТП), гарантирующий получение качественного изделия, но не только.

Для полноты информации необходимо наличие многовариантных ТП. Даже если не учитывать при этом принципиально различные методы обработки и виды заготовок – эти факторы технолог должен определить исходя из программы выпуска с учетом возможностей оборудования на данном предприятии.

Если исходить из того, что вид заготовки и технологический маршрут (коды и последовательность операций) строго определены, в этом случае остается возможность сформировать не просто многовариантный ТП, а множество ТП изготовления одной конкретной детали только за счет формирования групп оборудования и привязки к ним деталеопераций.

Подробно варианты формирования групп оборудования в различной степени автоматизации вплоть до автоматического в технической литературе ранее рассматривались. Причем вариант автоматического формирования групп на основе теории профессора Б.М. Базрова гарантирует при этом полноту и точность их формирования [7].

Автоматическое проектирование единичного технологического процесса на основе типового алгоритмизированного технологического процесса

В настоящее время для оценки эффективности эксплуатации оборудования принят показатель оценки использования потенциальных возможностей станочной системы пред-

приятия – коэффициент ОЕЕ. Общая эффективность использования технологического оборудования (Overall Equipment Effectiveness, ОЕЕ) определяется следующими вычисляемыми параметрами [8]:

- доступность (Availability);
- эффективность работы (Performance);
- уровень качества (Quality).

Значения указанных параметров, в свою очередь, зависят от шести основных видов потери рабочего времени оборудования, приводящих к нежелательному увеличению цикла изготовления изделий (рис.1).

Важнейшим показателем для оценки уровня качества в формуле ОЕЕ являются результаты непосредственного контроля качества изготавливаемых изделий. Статистика о возникающем браке заполняется по результатам контроля на производстве сотрудниками ОТК [7].

Контроль можно осуществлять, опираясь на данные технологических процессов, содержащие всю необходимую информацию по контролю параметров ДСЕ, в которых указаны все актуальные контролируемые параметры, необходимые для детального описания причины несоответствия и их последующего анализа

Организовать подход к вопросам управления качеством на производстве можно с помощью связки MES и САПР ТП. Система Автоматизированного Проектирования Технологических Процессов (САПР ТП) предназначена для формирования технологических проектных решений [3, 8].

Важнейшими задачами САПР ТП являются:

- повышение качества технологической документации, обеспечение полноты информации, соответствие ее справочникам предприятия, что является необходимым и достаточным условием использования данных технологической системы корпоративной системой предприятия в целом;
- сокращение трудоемкости и сроков технологической подготовки производства;
- безбумажный документооборот в компьютерной сети;
- интеграция с системами конструкторской подготовки производства и управления предприятием;
- настройка на любые формы проектных документов;
- работа с графическими документами;
- работа с нормативно-справочной информацией;
- представление знаний в виде таблично-

го алгоритма, блок-схемы алгоритма;
 • возможность непрерывного повышения

уровня автоматизации за счет пополнения ба-
 зы данных и знаний.



Рис. 1. Схема расчета коэффициента OEE – общей эффективности оборудования

Под автоматическим проектированием технического процесса понимают формирование комплекта технологической документации на основе значений параметров 3D-модели без участия пользователя или с некоторым не-

большим уточнением условий. Для этого требуется спроектировать типовой алгоритмизированный технологический процесс (ТАТП) на основе обобщенного технологического процесса (ОТП) (рис. 2).

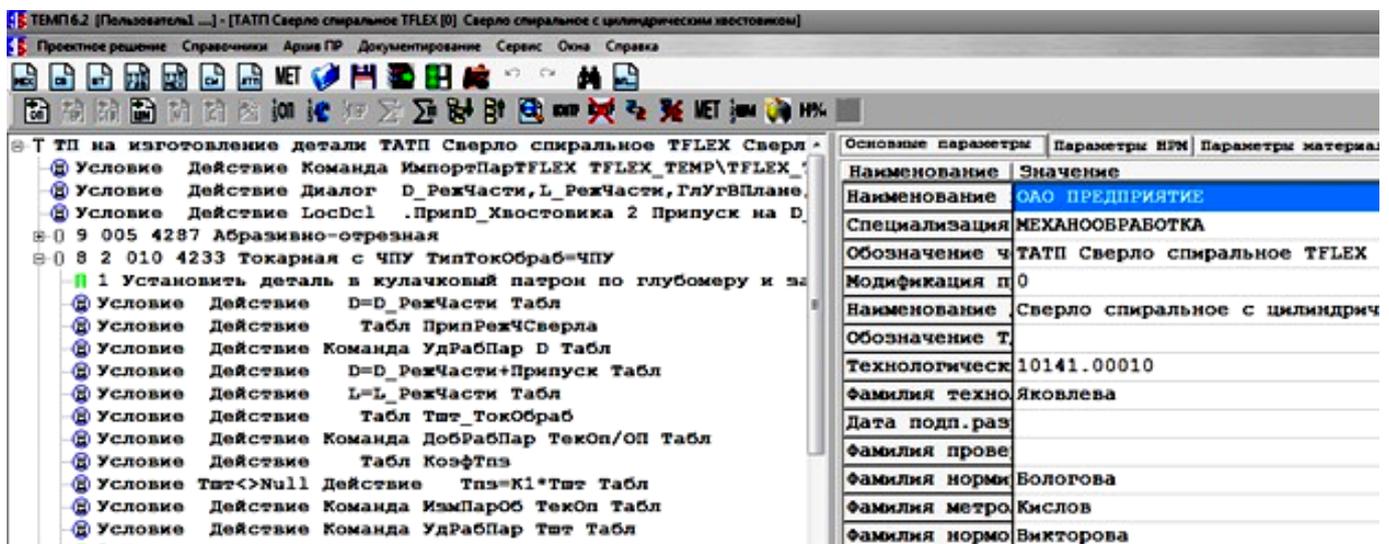


Рис. 2. Фрагмент типового алгоритмизированного технологического процесса

Для этой задачи можно использовать САПР ТП ТЕМП в совокупности с САПР T-Flex. Это возможно по следующим причинам:

- САПР ТП ТЕМП в отличие от аналогов осуществляет формирование структуры технологического процесса по геометрическим элементам модели;
- САПР ТП ТЕМП универсальна по отношению к САД-системе, а в данном случае к T-Flex;

В САПР ТП ТЕМП присутствует автоматическое формирование технологических эскизов на основе 3D-модели детали.

В САПР T-Flex создаётся параметрический чертёж детали или изделия. Затем осуществляется экспорт параметров детали (изделия) либо с помощью передачи файла, либо при помощи API-функции при взаимодействии с PDM-системой (рис. 3).



Рис. 3. Параметрическая модель цилиндрического сверла в TFLEX CAD

После чего в САПР ТП ТЕМП происходит автоматическое проектирование технологических процессов с использованием значений данных параметров.

На основе такого ТАТП можно автоматически получать множество ТП на изготовление необходимых деталей (изделий), что значительно повышает эффективность работы и снижает затраты на отдельное проектирование необходимого количества ТП.

При выполнении автоматического преобразования ТАТП в ЕТП сначала требуется уточнить и, при необходимости, изменить параметры 3D-модели, полученные из T-Flex.

После проектирования ЕТП происходит выгрузка ТП с пронормированными и привязанными к группам оборудования операциями в XML (XLS)-файлы для экспорта в систему ФОБОС [2, 5], где будет сделан расчет производственного расписания (рис. 4).

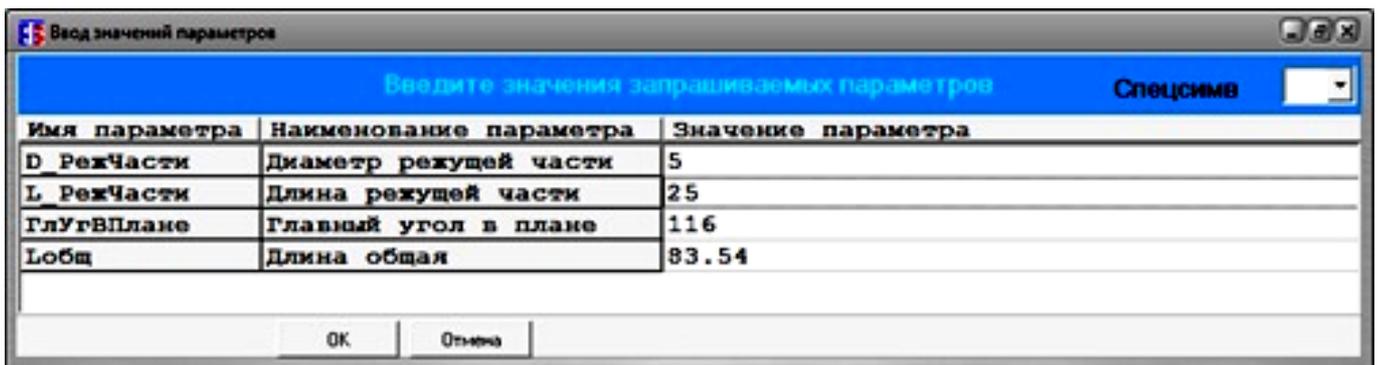


Рис. 4. Параметры 3D-модели спирального сверла, полученные из TFLEX и используемые в ПМК ТЕМП

Подсистема формирования базы данных результатов контроля

Рассмотрим взаимодействие САПР ТП и MES-Системы на основе передачи данных о результатах контроля. Можно долго спорить о функциональности САПР ТП: входит ли туда

АРМ ОТК? Это можно сделать проще, если реализовать такое рабочее место средствами САПР ТП и в результате получится интегрированная цепочка Систем: АРМ Технолога АРМ ОТК MES. Связь работы технолога и сотрудника ОТК очевидна: именно технолог обязан подробно расписать при проектирова-

нии ТП изготовления деталей в операции «Контрольная» какие именно контролируемые размеры надо проверять, с помощью каких средств измерения и даже какой при этом должна быть контрольная партия в процентах от всей партии ДСЕ. Интересна и обратная связь: результаты контроля очень полезны и

интересны технологу – он может воочию увидеть результаты выполнения ТП, спроектированного им.

На рис. 5 показано взаимодействие MES ФОБОС с АРМ-ом ОТК в САПР ТП в ПМК ТЕМП.



Рис. 5. Интеграция MES ФОБОС и САПР ТП ТЕМП на основе формирования БД результатов контроля

При формировании отчетов ОТК пользователем – сотрудником ОТК, вводится информация о контролируемых партиях ДСЕ, обнаруженных дефектах и результатах контроля. На основе этих данных автоматически формируются все необходимые документы: подробные и краткие отчеты ОТК – журнал операционного контроля, издавна принятый в цехе и итоговые отчеты для начальника ОТК, акты возврата и акты дефектации.

На рис. 6 показано общее взаимодействие различных систем автоматизированного проектирования для достижения главной цели – качественное и в срок выполнение заказа на

изготовление изделия.

Планирование в MES на основе данных, импортируемых из PLM

Конкурентоспособность предприятия зависит от эффективности управления на всех уровнях. У предприятия должна быть возможность быстро и гибко менять производственное расписание в зависимости от сложившейся ситуации.

MES-системы, собирая и обобщая данные, полученные от различных производственных систем и технологических линий, выводят на

более высокий уровень организацию всей деятельности предприятия. Данная система обеспечивает возможность агрегирования актуальных данных о состоянии производства и передачи их обратно в ERP-систему, делает все процессы предприятия прозрачными

ми, позволяет точно рассчитать себестоимость каждой ДСЕ и реальную прибыль предприятия. Результат работы MES-системы напрямую зависит от качества исходных данных интегрированных с ней систем (ERP, САПР ТП).

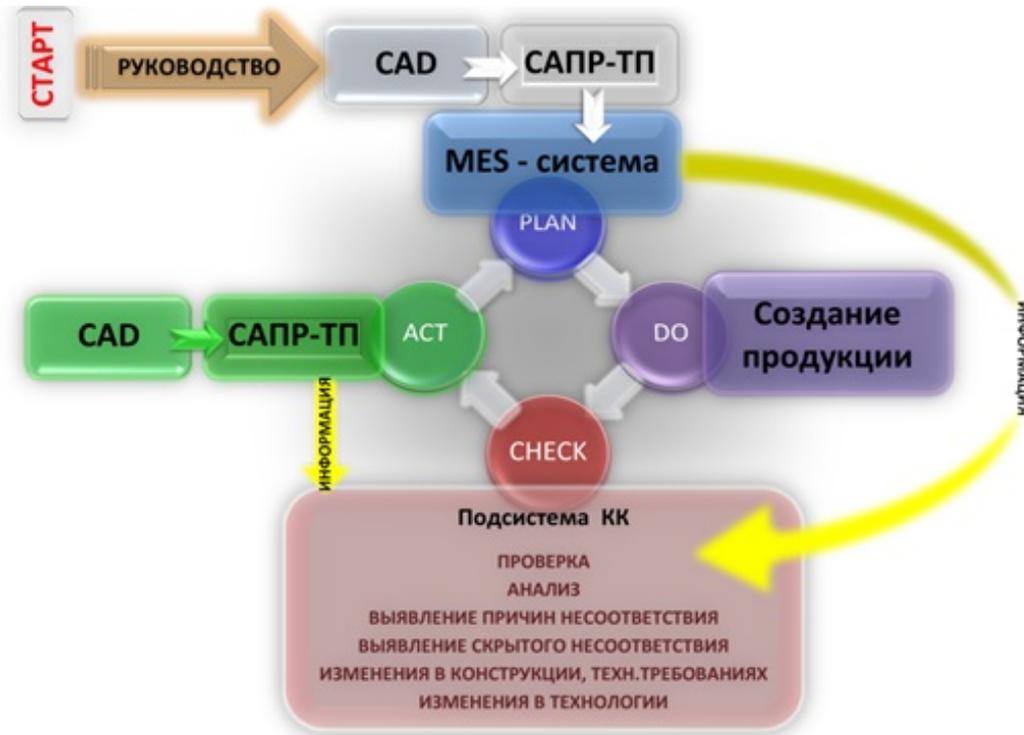


Рис. 6. Цикл Шухарта-Деминга в реализации использования систем автоматизированного проектирования

Для вычисления реальной себестоимости продукции необходимо проводить детальный финансово-экономический анализ производства. Широко распространенным на Западе методом анализа источников издержек и создания прибавочной стоимости является так называемый ABC-анализ, или Activity Based Costing (функционально-стоимостной анализ). Этот метод позволяет привязать расходы и доходы предприятия к точкам его активности [6, 8].

Это способствует сопоставлению затрат по отдельным заказам, дает возможность выявить наиболее рентабельные заказы как в целом, так и по отдельным операциям в аналогичных производственных заказах (рис. 7). Детальное производственное расписание, полученное в MES, является базисом для проведения оперативного ABC-анализа производства. В MES-системах строится точная динамическая модель производства, обеспечивающая подроб-

ную калькуляцию текущих затрат как в привязке к конкретным рабочим местам, так и в разрезе отдельных выполняемых заказов.

Грамотное использование САПР ТП – MES-систем в управлении производством, исходя из мирового опыта, позволяет [8]:

- на 15 % повысить производительность;
- на 45 % увеличить коэффициент загрузки оборудования;
- на 30 % уменьшить объем незавершенного производства;
- на 40 % снизить объемы материально-производственных запасов;
- на 60 % улучшить соблюдение сроков поставки.

Внедрение таких систем на российских предприятиях позволяет добиться большей эффективности производства и за счет этого сделать серьезный шаг к повышению конкурентоспособности предприятия на рынке.

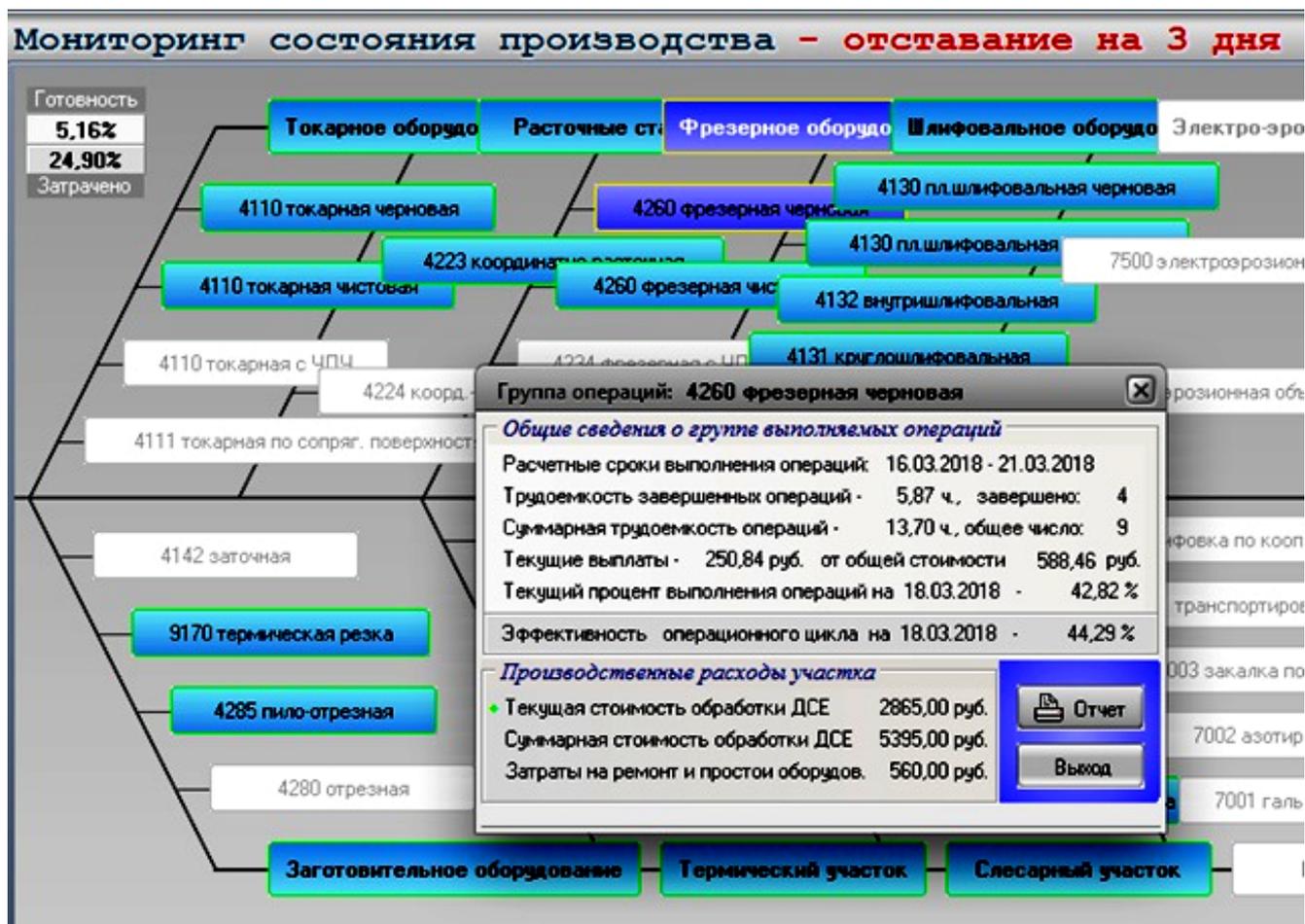


Рис. 7. Диаграммы Ишикавы – инструмент оперативного функционально-стоимостного анализа

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Развитие цифровой экономики России. Программа до 2035 года.
2. Фролов, Е.Б. Эффективное управление парком металлорежущих станков на основе исполнительных производственных систем (MES) // Тезисы доклада на Международном станкостроительном форуме «Современные тенденции в технологиях и конструкциях металлообрабатывающего оборудования», – 2015 г.
3. Медведева, Г.М., Мусеридзе, А.А., Тихонова, Ю.А., Крюков, А.В., Зайдуллин, А.Э. Оптимальное планирование работ ППР – путь к повышению эффективности использования оборудования // САПР и графика. – 2013. – № 1.
4. Фролов, Е.Б., Крюков, В.В., Тимофеев, Д.Е., Крюков, А.В. Стандарты ИСО и промышленный софт на предприятии, или нужна ли директору «Прозрачность» производства // Станочный парк. – 2010. – №9. – С. 56-61.
5. Frolov E., Iskanderov R. Effective management of small-scale production. // Russian Engineering Research, Vol. 31, No. 2, pp. 166–168. Allerton Press, Inc., – 2011. – pp. 34-40.
6. Фролов, Е.Б. Современные концепции управления в производственной логистике. Часть 1,2 // САПР и Графи-

ка. – 2010. – №№11, 12.

7. Базров, Б.М., Фролов, Е.Б., Арзыбаев, А.М., Сахаров, А.В., Крюков, А.В., Тимофеев, Д.Е., Тришкин, А.С. Автоматизированное проектирование технологии и формирование групп оборудования на основе интеграции САПР ТП и MES на принципах модульной технологии // Станочный парк. – 2011. – № 8. – С. 66-73

8. Фролов, Е.Б. MES для дискретного производства – метод вычисляемых приоритетов // САПР и Графика. – 2011. – №1.

REFERENCES

1. Development of Digital Economy of Russia. Program up to 2035.
2. Frolov, E.B. Efficient machine-tool base control based on use manufacturing executive systems (MES) // Proceedings of the Inter. Machine Manufacturing Forum “Current Trends in Technologies and Designs of Metalworking Equipment”, - 2015.
3. Medvedeva, G.M., Museridze, A.A., Tikhonova, Yu.A., Kryukov, A.V., Zaidullin, A.E. Optimum PPW planning – way to effectiveness increase in equipment use // CAD and Graphics. – 2013. – No.1.
4. Frolov, E.B., Kryukov, V.V., Timofeev, D.E., Kryukov,

A.V. ISO Standards and industrial soft at enterprise or whether director needs "Production Transparency" // *Machinery Equipment*. – 2010. – No.9. – pp. 56-61.

5. Frolov E., Iskanderov R. Effective management of small-scale production. // *Russian Engineering Research*, Vol. 31, No. 2, pp. 166–168. Allerton Press, Inc., – 2011. – pp. 34-40.

6. Frolov, E.B. Current concepts of control in production logistics. Part1, 2 // *CAD and Graphics*. – 2010. – No.No. 11, 12.

7. Bazrov, B.M., Frolov, E.B., Arzybaev, A.M., Sakharov, A.V., Kryukov, Timofeev, D.E., Trishkin, A.S. Automated design of technology and formation of equipment groups based on CAD TP and MES integration on principles of modular technology // *Machinery Equipment*. – 2011. – No.8. – pp. 66-73.

8. Frolov, E.B. MES for discrete production – method of priorities computed // *CAD and Graphics*. – 2011. No.1.

Рецензент д.т.н. Ю.Л. Чигуринский

УДК 621.896: 681.518

DOI: 10.30987/article_5c19275f9d3ee4.61908631

Д.В. Глазунов, к.т.н.

(ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РГУПС), 344038, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2)

E-mail: glazunovdm@yandex.ru

Диагностические и технологические способы повышения надежности рельсового пути

Проведен обзор основных зарубежных и отечественных средств видео инспекции и диагностики элементов железнодорожного пути и колес подвижного состава. Рассмотрены основные мероприятия по мониторингу железнодорожного пути, типы используемого оборудования средств видео инспекции, основные методы обнаружения дефектов железнодорожного пути. Описана съемная система видео инспекции, разработанная учеными ФГБОУ ВО РГУПС, позволяющая изучить влияние смазывания при взаимодействии колеса подвижного состава с рельсом.

Ключевые слова: средства видео инспекции; железнодорожный путь; система «колесо-рельс»; ультразвуковая система; цифровые системы; аналоговые системы; визуальный контроль; подвижной состав.

D.V. Glazunov, Can. Sc. Tech.,

(FSBEI HE "Rostov State University of Communications" (RSUC),

2, Rostov Infantry National Home Guard Regiment Square, Rostov-upon-Don, 344038)

Diagnostic and technological methods for track reliability increase

The review of basic foreign and domestic means of video inspection and diagnostics of track elements and rolling-stock wheels is carried out. Basic measures of track monitoring, types of equipment used of video inspection means, basic methods to reveal track defects are considered. A detachable system for video inspection developed by scientists of FSBEI HE RSUC is described which allows analyzing a lubrication impact at the interaction of rolling-stock wheels with a rail is described.

Keywords: means for video inspection; track; "wheel-rail" system; supersonic system; digital systems; analog systems; visual control; rolling-stock.

Долговечность и безопасность эксплуатации объектов железнодорожного комплекса является важной задачей национального масштаба. На сети железных дорог мира создана эффективная система диагностики и мониторинга инфраструктуры. Затрагивая все хозяйства инфраструктурного комплекса, наибольшее внимание в диагностике уделяется путевому хозяйству как наиболее значимому и фондоемкому в инфраструктурном комплексе,

состояние которого является определяющим звеном железнодорожного транспорта, существенно влияющим на себестоимость перевозок, скорость и безопасность движения поездов. Внедрение и комплексное использование новых средств видеоинспекции и диагностики пути, а также обрессоренной части подвижного состава, регламентация их работы позволили повысить качество и достоверность контроля железнодорожного пути [1, 2].