

DOI: 10.15593/2224-9400/2017.2.06

УДК 65.011.56

**Д.А. Мусатов, И.А. Вялых**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь, Россия**ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ  
СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ВЫВОДА В РЕМОТ  
ДИНАМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Химическое производство использует сложное капиталоемкое оборудование, характеризуется как непрерывное, многостадийное, взрывоопасное и с жесткими технологическими связями. Для любого объекта ремонт осуществляется по системе планово-предупредительных работ (ППР). Независимо от физического состояния через установленное нормативное число часов производится: текущий ремонт, средний ремонт, капитальный ремонт.*

*Рассмотрена система предупредительно-плановых работ, используемая на химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятиях. Если планирование ремонтных работ, связанных с износом технологических аппаратов, достаточно легко предусмотреть путем прогнозирования износа технологического оборудования, то прогнозировать износ динамического оборудования, на котором предусмотрено резервирование, например в виде дублирования оборудования, трудно, так как не всегда известно время наработки каждой единицы динамического оборудования. При этом планирование ремонтных работ зависит от степени износа оборудования. Желательно обеспечить равномерный износ резервированного динамического оборудования и оценить время наработки динамического оборудования, необходимое для достижения критического значения наработки до вывода оборудования в ремонт.*

*Анализ вывода в ремонт динамического оборудования рассматривается на примере воздушных вентиляторов, насосов и компрессоров. В реальном времени контролируется время наработки каждой единицы динамического оборудования путем интегральной оценки поступающей информации о состоянии оборудования из системы управления и регистрации в среде PI DataLink. Это позволит увеличить контроль вывода динамического оборудования в ремонт на химических предприятиях.*

**Ключевые слова:** *планово-предупредительные работы, планирование ремонтов, наработка оборудования, оптимизация износа оборудования, информационная система.*

**D.A. Musatov, I.A. Vyalykh**

Perm National Research Polytechnic University,  
Perm, Russian Federation

**INTEGRATED INFORMATION SYSTEM  
OF PLANNING OUTPUT IN REPAIR  
OF DYNAMIC EQUIPMENT**

*Chemical production uses complex capital-intensive equipment, as it is characterized as continuous, multi-stage, explosive and with rigid technological connections. For any object, the repair is carried out according to the system of PPR (planned preventive works). Regardless of the physical condition, the prescribed standard number of hours is carried out: current repairs, medium repairs, major repairs.*

*The article considers the system of preventive-planned works used at chemical, petrochemical and oil refineries. If the planning of repair work related to the wear and tear of technological equipment is quite easy to foresee by predicting the deterioration of the process equipment, then it is predictable to plan for the wear and tear of the dynamic equipment on which redundancy is provided, for example, in the form of duplication of equipment is difficult, since the time of each unit of dynamic equipment is not always known. In this case, the planning of repair work depends on the degree of wear and tear on the equipment. It is desirable to ensure uniform wear of the redundant dynamic equipment and to estimate the time of operating the dynamic equipment necessary to reach the critical value of the operating time before the equipment is put out for repair.*

*The analysis of the output for the repair of dynamic equipment is considered using the example of air fans, pumps and compressors. Real-time monitoring of the operating time of each unit of dynamic equipment by means of an integrated evaluation of the incoming information about the state of equipment from the control and registration system in the PI DataLink environment. This will increase the control of the withdrawal of dynamic equipment for repairs at chemical plants.*

**Keywords:** *planned preventive works, repair planning, equipment running time, equipment wear optimization, information system.*

Химическое производство использует сложное капиталоемкое оборудование, характеризуется как непрерывное, многостадийное, взрывоопасное, с жесткими технологическими связями и многотоннажной продукцией. Остановки на ремонт, сроки их выполнения и качество определяют во многом экономическую результативность производства. Для любого объекта ремонт осуществляется по системе планово-предупредительных работ (ППР).

Планирование ремонтных работ по обеспечению работоспособности производства химических, нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий осуществляется на основании системы ППР [1, 2]. ППР – система организационных мероприятий по надзору, обслуживанию и ремонту устройств, проводимых профилактически [3], т.е. до наступления отказа, по заранее составленному плану, через установленное нормативами число часов, независимо от его фактического физического состояния.

В соответствии с ним в состав ППР включаются работы по технологическому ремонту оборудования, а также текущий ремонт, средний ремонт, капитальный ремонт, с разработкой графиков ремонтов на каждый планируемый год. График – это документ в виде таблицы, где перечислены все единицы оборудования, подлежащие ремонту в планируемом году, а также дата (месяц) выполнения ремонта. Исходными данными для составления графиков ремонта является межремонтный норматив и дата предыдущего ремонта. К исходным данным планируемой остановки относится информация о фактически отработанном каждой единицей оборудования времени.

Подготовка оборудования к ремонту должна удовлетворять положению производства до окончания нормативного срока его функционирования (за 10–5 %) [2], однако срок не всегда выполняется, это приводит к потерям из-за повышения продолжительности остановки или из-за нарушения функционирования оборудования.

Для каждой единицы оборудования определен срок наработки до следующего вида ремонта. При несоблюдении сроков ремонта, т.е. выводе в ремонт раньше наступления нормативного времени наработки и при превышении этого времени предприятие несет дополнительные расходы, в первом случае за счет снижения межремонтного интервала, во втором – за счет снижения надежности работы оборудования. Поэтому выдерживание межремонтного интервала обязательно.

Таким образом, лицо, составляющее график, и лицо, принимающее решение о выводе в ремонт, должно иметь объективную информацию о наработке оборудования. К тому же любое оборудование, используемое в непрерывном производстве, не может быть остановлено, выведено из режима функционирования мгновенно, для этого требуется выполнение подготовительных операций (например, переключение на резервное оборудование).

За своевременность выполнения графиков ремонта оборудования и за его фактическое состояние отвечают механики. Их загруженность достаточно велика. Количество оборудования определяется колоссаль-

ными цифрами, поэтому сроки осуществления вывода оборудования в ремонт с учетом фактического времени эксплуатации оборудования редко соблюдаются.

Фактический вывод в ремонт оборудования до внедрения выполняется следующим образом.

Аппаратчик записывает в ежедневный журнал наработки оборудования, дату и время запуска и остановки каждой единицы (рис. 1).

2			С начала эксплуатации	После текущего ремонта	После среднего ремонта	После капитального ремонта	за год	Январь 2013	Февраль 2013	Март 2013	Апрель 2013	Май 2013	Июнь 2013	Июль 2013
3	101-J	PA-404L/D11/PV_D.CV	249131	отсутствует	12090	51018	8033	744	672	744	720	744	720	744
4	101-JT	PA-404L/D11/PV_D.CV	240184	2208	2208	36670	8033	744	672	744	720	744	720	744
5	102-J	STOP_102J/D11/PV_D.CV	236872	отсутствует	12103	50692	8433	744	672	744	720	744	720	744
6	102-JT	STOP_102J/D11/PV_D.CV	237892	12103	27464	27464	8433	744	672	744	720	744	720	744
7	103-J	STOP_103J/D11/PV_D.CV	229174	отсутствует	11998	44221	8319	744	672	744	720	738	720	744
8	103-JT	STOP_103J/D11/PV_D.CV	229230	11998	11998	11998	8319	744	672	744	720	738	720	744
9	105-J	PA-567L/D11/PV_D.CV	227495	отсутствует	11996	50063	8315	744	672	744	720	735	720	744
10	105-JT	PA-567L/D11/PV_D.CV	226874	11996	27151	27151	8315	744	672	744	720	735	720	744
11	101-J-J1T	PA-407L/D11/PV_D.CV	234943	2208	2208	36689	8206	744	672	744	720	744	720	744
12	101-J-J1	PA-407L/D11/PV_D.CV	234943	2208	12078	12078	8206	744	672	744	720	744	720	744
13	101-J-J1A	101-J-J1A/D11/PV_D.CV	21651	4320	13639	13639	146	0	1	0	0	1	0	0
14	102-J-J1T	PA-465L/D11/PV_D.CV	236289	2208	2208	36523	8253	744	672	744	720	744	720	744
15	102-J-J1	PA-465L/D11/PV_D.CV	236289	2208	12071	12071	8253	744	672	744	720	744	720	744
16	102-J-J1A	102-J-J1A/D11/PV_D.CV	12016	4661	4661	4661	89	0	0	0	0	1	0	0
17	102-J-J2T	PA-466L/D11/PV_D.CV	236321	12074	12074	12074	8219	744	672	744	720	744	720	744
18	102-J-J2	PA-466L/D11/PV_D.CV	236321	2208	отсутствует	12074	8219	744	672	744	720	744	720	744
19	102-J-J2A	102-J-J2A/D11/PV_D.CV	6804	1021	отсутствует	4558	100	0	0	0	0	4	0	0
20	103-J-J1	103-J-J1/D11/PV_D.CV	221007	2208	12405	12405	8205	744	672	744	720	744	720	744
21	103-J-J1A	103-J-J1A/D11/PV_D.CV	23214	3260	9954	16954	5	0	0	0	0	0	0	0
22	103-J-J2T		224003	11984	11984	11984	564	564	0	0	0	0	0	0

Рис. 1. Вывод в ремонт динамического оборудования

В конце каждого месяца механик на основании этих записей подсчитывает фактическое время функционирования оборудования за месяц и нарастающим итогом после окончания предыдущего ремонта, это время сравнивается с межремонтным нормативом (см. рис. 1) [4]. Если установленное таким образом нормативное время превышает допустимый нормативный предел в 90–95 %, механик заполняет график ремонта и принимает решение остановить оборудование (рис. 2). После подготовки и подписания всех документов оборудование выводится в ремонт. Модель существующего бизнес-процесса вывода оборудования в ремонт представлена на рис. 2 [5, 6].

Вывод в ремонт оборудования после внедрения предлагаемой системы будет выполняться следующим образом. Режим работы оборудования (вкл/выкл) фиксируется в системе управления установки в автоматическом режиме. Расчет наработки оборудования производится в режиме реального времени в PI System. При достижении наработки нормативного предела 90–95 % появится предупредительный сигнал для

механика. Предупредительный сигнал предупреждает, что данное оборудование необходимо вывести в ремонт в ближайшее время. После остановки оборудования механик производит корректировку графика ремонта нажатием кнопки, также откроется акт о выводе в ремонт оборудования. График ремонта будет изменяться автоматически (рис. 3).

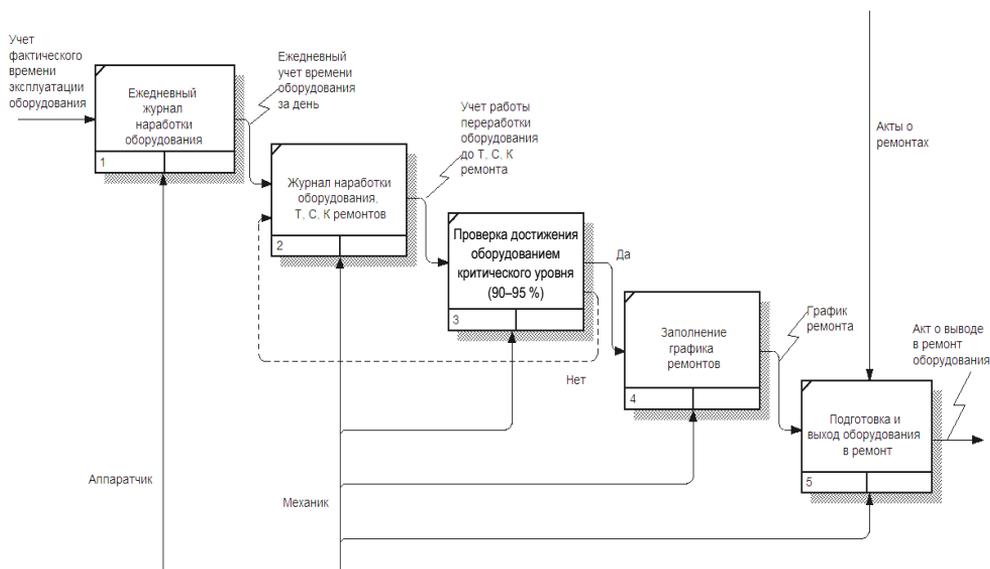


Рис. 2. Вывод в ремонт динамического оборудования до внедрения

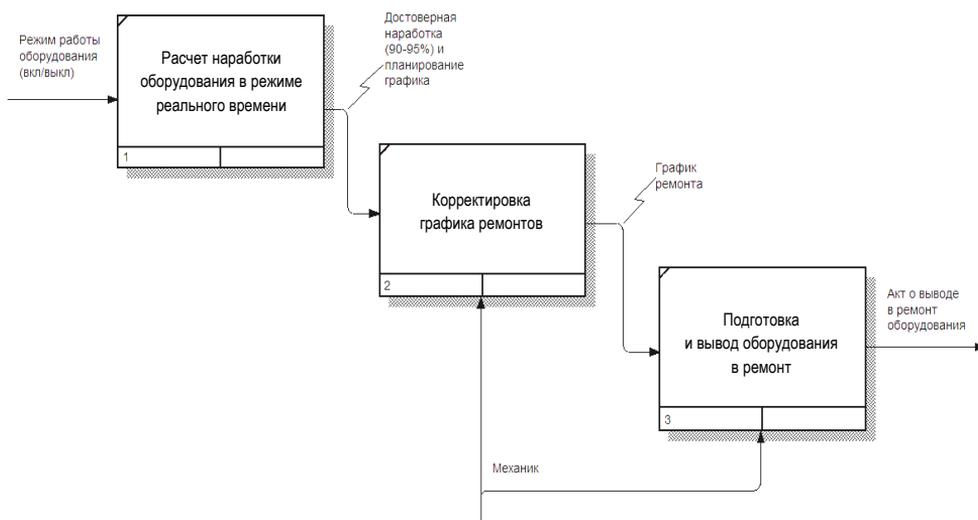


Рис. 3. Вывод в ремонт компрессорного оборудования после внедрения

В данной работе представлен фрагмент сбора информации предлагаемой системы управления PCY через OPC протокол в PI Server, клиентского продукта PI Processbook и PI DataLink на примере вывода в ремонт динамического оборудования в виде мнемосхемы и графика ремонта в электронной таблице Microsoft Excel. Схема сбора информации предлагаемой системы представлена на рис. 4.

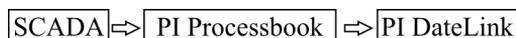


Рис. 4. Схема сбора информации

Приложение PI Processbook позволяет пользователю вывести на экран мнемосхему интересующего его технологического процесса и увидеть все текущие значения параметров процесса (включая анимацию отдельных элементов изображения).

DataLink выводит данные в электронную таблицу и позволяет просматривать их известными средствами Excel и формировать разнообразные отчеты.

Поскольку производство пожаровзрывоопасное, то для моделирования и отладки предлагаемой информационной системы предложено эмулировать работу динамического оборудования [7, 8]. Реализация информационных связей при моделировании показана на рис. 5.

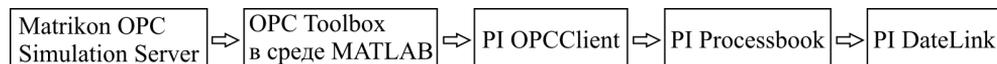


Рис. 5. Структура информационных потоков для тестирования системы

В качестве примера использованы три вентилятора Ja, Jb, Jc с линии компрессорного оборудования в производстве аммиака, сконфигурирована мнемосхема в PI Processbook (рис. 6) [9], где два вентилятора включены и один находится в выключенном состоянии (в резерве).

В среде PI DateLink реализовано интегрирование времени наработки оборудования в зависимости от текущего состояния оборудования (вкл/выкл) [10].

Поскольку оборудования много, сигнал на поступление выхода в ремонт механику может поступить сразу по нескольким устройствам. Для этого механик должен распределить оборудование таким образом, чтобы загруженность работников по проведению ремонтов была равномерной. График ремонта представлен на рис. 7.

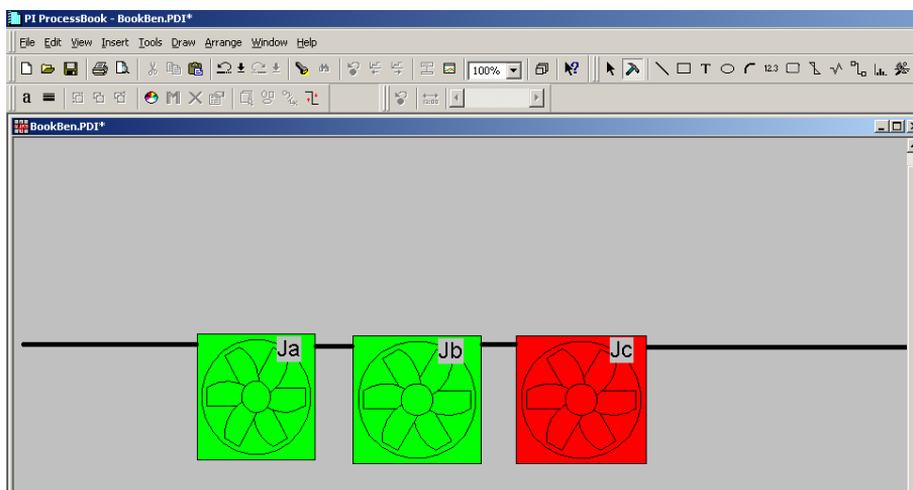


Рис. 6. Мнемосхема части линии динамического оборудования

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1		с начала эксплуатации	после текущего ремонта			после среднего ремонта			после капитального ремонта			за год			Январь 2014	Февраль 2014	Март 2014	Апр 2014
2	Ja	240184	1781	89.05	%	К	2523	50.46	%	К	4009	30.84	%	К	1716	744	672	300
3	Jb	237892	1387	69.4	%	К	654	13.1	%	К	654	5.03	%	К	1285	423	562	300
4	Jc	229230	237	11.9	%	К	237	4.7	%	К	9563	73.562	%	К	974	598	356	20

Рис. 7. Вывод информации в электронную таблицу Microsoft Excel

В настоящей работе был осуществлен анализ вывода в ремонт динамического оборудования с использованием методологии функционального моделирования [5, 6]. Сформирована проблема несоблюдения сроков вывода оборудования в ремонт с учетом фактического времени эксплуатации оборудования. Для решения этой проблемы было предложено внедрение PI System и корректировка графика ППР.

Разработанная информационная система оттестирована в режиме эмулирования работы и простоя динамического оборудования.

Для внедрения системы разработана электронная таблица графика ремонта, позволяющая пользователю в реальном времени представлять, передавать и анализировать данные из PI System.

Данная система позволила решить следующие задачи:

- 1) сбор данных в реальном времени;
- 2) создание электронных таблиц Excel и формирование различных отчетов.

Кроме того, выявлены положительные и отрицательные факторы вывода в ремонт оборудования до внедрения и после внедрения PI-System.

До внедрения много времени затрачивалось на получение информации, на выполнение функций учета; была вероятность ошибок суммирования; запаздывание по срокам вывода оборудования в ремонт.

После внедрения сбор информации с данных системы управления осуществляется в реальном времени; человек не выполняет передачу информации; уменьшилась трудоемкость и повысилась точность учета; повысилась оперативность контроля подготовки оборудования в ремонт.

### **Список литературы**

1. Чарная Е.Б. Планирование на химическом предприятии: учеб. пособие для вузов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. – 78 с.
2. Чарная Е.Б. Особенности планирования на химическом предприятии в современных условиях // Химия и химическая технология. – Пермь, 1998. – С. 88–89.
3. Чарная Е.Б. Принципы и условия организации автоматизированного производства на химическом предприятии: учеб. пособие – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 113 с.
4. Ключев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ. пособие / под ред. А.С. Ключева. – М.: Альянс, 2015. – 446 с.
5. Черемных С.В., Семенов И.О., Ручкин В.С. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии: практикум. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 189 с.
6. Козлов А.С. Проектирование и исследование бизнес-процессом: учеб. пособие для вузов. – М.: Флинта, 2006. – 266 с.
7. Схиртладзе А.Г., Лазарева Т.Я., Мартемьянов Ю.Ф. Интегрированные системы проектирования и управления: учеб. для вузов. – М.: Академия, 2010. – 347 с.
8. Харазов В.Г. Интегрированные системы управления технологическими процессами: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Профессия, 2009. – 590 с.
9. Избачков Ю.С., Петров В.Н. Информационные системы: учеб. для вузов. – СПб.: Питер, 2006. – 655 с.
10. Баскур О., Тюняткин А.В., Хертлер К. Мониторинг состояния оборудования в реальном времени // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 9. – С. 26–29.

## References

1. Charnaia E.B. Planirovanie na khimicheskom predpriatii [Planning for a chemical enterprise]. Perm, Izdatel'stvo Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2006, 78 p.

2. Charnaia E.B. Osobennosti planirovaniia na khimicheskom predpriatii v sovremennykh usloviakh [Features of planning at a chemical enterprise under current conditions]. *Khimiia i khimicheskaiia tekhnologiia*, Perm, 1998, pp. 88-89.

3. Charnaia E.B. Printsipy i usloviia organizatsii avtomatizirovannogo proizvodstva na khimicheskom predpriatii [Principles and conditions for the organization of automated production at a chemical enterprise]. Perm, Izdatel'stvo Permskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2010, 113 p.

4. Kliuev A.S., Glazov B.V., Dubrovskii A.Kh. Proektirovanie sistem avtomatizatsii tekhnologicheskikh protsessov [Designing of systems of automation of technological processes]. Ed. A.S. Kliuev. Moscow, Al'ians, 2015, 446 p.

5. Cheremnykh S.V., Semenov I.O., Ruchkin V.S. Modelirovanie i analiz sistem. IDEF-tekhnologii [Modeling and analysis of systems. IDEF-technology]. Moscow, Finansy i statistika, 2005, 189 p.

6. Kozlov A.S. Proektirovanie i issledovanie biznes-protssom [Designing and researching the business process]. Moscow, Flinta, 2006, 266 p.

7. Skhirtladze A.G., Lazareva T.Ia., Martem'ianov Iu.F. Integrirovannye sistemy proektirovaniia i upravleniia [Integrated systems of design and management]. Moscow, Akademiia, 2010, 347 p.

8. Kharazov V.G. Integrirovannye sistemy upravleniia tekhnologicheskimi protsessami [Integrated systems of management of technological processes]. Saint Petersburg, Professiia, 2009, 590 p.

9. Izbachkov Iu.S., Petrov V.N. Informatsionnye sistemy [Information systems]. Saint Petersburg, Piter, 2006, 655 p.

10. Baskur O., Tiuniatkin A.V., Khertler K. Monitoring sostoiianiia oborudovaniia v real'nom vremeni [Monitoring of the state of equipment in real time]. *Avtomatizatsiia v promyshlennosti*, 2012, no. 9, pp. 26-29.

Получено 1.06.2017

### **Об авторах**

**Мусатов Данил Александрович** (Пермь, Россия) – магистрант кафедры «Автоматизация технологических процессов» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: [atp@pstu.ru](mailto:atp@pstu.ru)).

**Вялых Илья Анатольевич** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация технологических процессов» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: [ilya.vyalyh@pstu.ru](mailto:ilya.vyalyh@pstu.ru)).

### **About the authors**

**Danil A. Musatov** (Perm, Russian Federation) – Magister, Automation Technological Process Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: [atp@pstu.ru](mailto:atp@pstu.ru)).

**Ilya A. Vyalykh** (Perm, Russian Federation) – Ph.D. of Technical Sciences, Automation Technological Process Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: [ilya.vyalyh@pstu.ru](mailto:ilya.vyalyh@pstu.ru)).