

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И МЕДИАТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.41:655:62-192

Н. С. Голуб, В. А. Кальман

Белорусский государственный технологический университет

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В статье описана разработка клиент-серверного программного обеспечения для удобного использования в процессах производства. Информацией для серверной части в данном случае будут выступать журналы об отказах оборудования на полиграфических предприятиях. В разрабатываемом программном средстве для ввода информации о неисправности предусмотрен личный кабинет инженера с удобной формой ввода всех необходимых данных как в веб-, так и в мобильной версии клиента.

Данное программное обеспечение предназначено для определения показателей надежности полиграфического оборудования, таких как среднее время до отказа, интенсивность отказов, вероятность безотказной работы, коэффициент готовности, коэффициент технической готовности, коэффициент простоя, а также для отражения рассчитанных данных графически. Отказ любой компоненты приводит к отказу оборудования в целом. Восстановление отказанной компоненты приводит к восстановлению оборудования.

После математической обработки введенных данных можно будет просмотреть результаты вычислений в виде наглядных графиков, отображаемых в веб-версии клиента. Для учета пользователей предусмотрен кабинет администратора, в котором можно добавлять и изменять пользователей и их роли.

Данное программное средство предоставляет возможность учета и наглядного отображения всей информации не только о неисправностях, но и о работе, проделанной для их устранения, а также содержит сведения о том, кем была зафиксирована и устранена неисправность.

Ключевые слова: отказ оборудования, программное обеспечение, клиент-серверная архитектура, информация, база данных, программа, программное средство.

N. S. Golub, V. A. Kal'man

Belarusian State Technological University

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR CALCULATING INDICATORS OF RELIABILITY OF PRINTING EQUIPMENT

The article describes the development of client-server software for convenient use in production processes. Information for the server part in this case will be logs about equipment failures at printing enterprises. In the developed software for entering information about a malfunction, there is a personal engineer's office with a convenient form of entering all necessary data both on the web and in the mobile version of the client.

This software is designed to determine the reliability of printing equipment such as: the mean time to failure, the failure rate, the probability of failure-free operation, availability, technical availability, idle factor, and also to reflect the calculated data graphically. Failure of any component results in the failure of the equipment as a whole. Restoring the failed component results in the recovery of the equipment.

After the mathematical processing of the entered data, you can view the results of calculations in the form of visual graphs displayed in the web version of the client. To account for users, there is an administrative room where you can add and modify users and their roles.

This software provides not only the ability to take into account and visualize all information about faults, but also the work done to eliminate them, as well as information about who was fixed and fixed the malfunction.

Key words: equipment failure, software, client-server architecture, information, database, program, software.

Введение. Очевидно, что в современном мире остро стоит вопрос прогнозирования отказоустойчивости промышленного оборудования. Еще более очевидно, что нехватка обслуживающего персонала, недостача сырья, сбой в энергоснабжении, дефекты и отказы оборудования приводят к неплановым простоям, снижению скорости работы технологических систем, а значит к потерям в объемах производства. Более того, в отсутствие выхода продукции в течение этих интервалов времени, затраты все равно осуществляются (зарплата персонала, аренда площадей и оборудования и т. д.) и увеличивают себестоимость. Очевидно также, что те периоды, когда производился брак, эквивалентны потерям времени.

Оборудование функционирует в условиях ограничений, препятствующих повышению эффективности его использования. Часть этих ограничений неизбежна: нерабочее время (остановки на выходные и праздничные дни), плановые остановки (на переналадку, техническое обслуживание и предупредительные ремонты, загрузку сырья), потери скорости на вывод остановленного оборудования в номинальный режим работы и т. д.

Качество и конкурентная способность технических устройств и машин в первую очередь определяется их надежностью [1].

Исторически развитие науки о надежности происходило, с одной стороны, с развитием математических методов обработки экспериментальной информации, а с другой — с изучением физических процессов старения, таких как изнашивание, коррозия, усталостное разрушение и др. Настоящий уровень развития науки о надежности является слиянием этих двух направлений.

На современном уровне задачи надежности решаются с использованием:

- 1) теории вероятности;
- 2) математической статистики;
- 3) теории случайных чисел;
- 4) методов теории автоматического управления;
- 5) других разделов математических наук.

Одной из основных для машиностроения задач, на решение которой направлены методы теории надежности, является установление временных закономерностей процессов старения. В этом большую роль играет механика, и в частности ее раздел «Теория механизмов и машин».

Огромные средства затрачиваются для поддержания машин в работоспособном состоянии. Это является следствием того, что со временем в силу различных обстоятельств происходит старение машин. Недостаточный уровень надежности машин влечет за собой не только

значительное снижение их конкурентных возможностей, но и значительные экономические потери. Все это выдвигает на первый план решение вопросов обеспечения необходимой надежности машин еще на стадии их проектирования и конструирования.

При эксплуатации машины реализуется ее надежность, которая зависит:

- 1) от методов и условий эксплуатации машины;
- 2) системы ее ремонта;
- 3) методов технического обслуживания;
- 4) применяемых режимов работы;
- 5) других эксплуатационных факторов.

Уровень надежности машины должен быть таким, чтобы при ее использовании в любых, оговоренных техническими условиями (ТУ) ситуациях не возникали отказы, т. е. не нарушалась ее работоспособность.

Во многих случаях желательно, чтобы машина имела запас надежности для повышения сопротивляемости экстремальным воздействиям, когда она попадает в условия, не предусмотренные ТУ. Кроме того, запас надежности необходим для обеспечения работоспособности машины при ее износе. Износ приводит к постепенному ухудшению технических характеристик машины. Поэтому чем выше запас надежности, тем дольше при прочих равных условиях машина будет находиться в работоспособном состоянии.

Формирование показателей надежности происходит по общим законам и раскрытие этих связей является основой для оценки, расчета и прогнозирования надежности, а также для построения рациональных систем производства, испытания и эксплуатации машин [2, с. 174–185].

Оценивание показателей надежности исследуемого объекта производится на основании сведений о наработках до отказа элементов. Получение оценок надежности базируется на различных предположениях о законах распределения наработок до отказа. Выдвижение гипотезы о принадлежности наработок к тому или иному распределению основывается либо на изучении физики явления, приводящего к отказу, либо на основе аналитического исследования статистических данных об отказах оборудования.

Основными источниками статистических данных о дефектах и отказах оборудования являются [3, с. 163–167]:

- 1) журналы дефектов, которые ведутся в соответствии с правилами технической эксплуатации оборудования;
- 2) акты расследования нарушений в работе оборудования, составляемые по результатам выяснения причин сбоев в работе;

- 3) паспортные данные оборудования;
- 4) сведения о плановых ремонтах;
- 5) статистические данные о наработках оборудования;
- 6) сведения о выводе оборудования из эксплуатации;
- 7) ежегодные отчеты и справки о состоянии оборудования, базы данных исследовательских организаций.

Цель статьи заключается в разработке клиент-серверного программного обеспечения, (ПО) удобного при использовании в процессе производства. Для этого необходима серверная часть для обработки и хранения поступающей информации. Информацией в данном случае будут выступать отчеты о поломках.

База данных, используемая в ПО, включает только полиграфические машины, имеющиеся на предприятии, но может быть расширена при необходимости до требуемых масштабов. Актуальным представляется примененный системный подход к оценке технического состояния, уровня эксплуатации, ремонтности оборудования с целью принятия решений по повышению (сохранению) его надежности на основе созданного программного средства. Предлагаемая программа универсальна и может быть адаптирована к другой аналогичной структуре.

Программное обеспечение, содержащее базу данных об отказах оборудования, пригодится в работе многим участникам: бухгалтерам, экономистам, технологам, мастерам, ремонтникам.

Основная часть. Важным вопросом организации управления надежностью является задача сбора данных об отказах оборудования. Часто сложно определить, случился отказ либо это повреждение, особенно для резервированного оборудования. Также причиной неверной статистики повреждений и отказов часто бывает нежелание эксплуатационников и ремонтников указывать в документах такие события, тем более если они устраняются в короткое время. Для обеспечения сбора достоверных данных необходимо изменить мотивацию сотрудников по учету отказов и повреждений.

Программа для учета и прогнозирования поломок на промышленных машинах – модульная система, позволяющая удобным образом фиксировать все неисправности, возникшие на предприятии из личного кабинета пользователей.

Прежде всего для разработки программного приложения требуется стартовая информация по анализируемому предприятию. В частности, информация по основному печатному оборудованию с указанием даты ввода в эксплуатацию,

числа часов наработки, времени нахождения в ремонте, резерве на данный момент и т. п. Данная информация была взята из журналов отказов на полиграфических предприятиях.

В разрабатываемом программном средстве для ввода информации о неисправности предусмотрен личный кабинет каждого инженера с удобной формой ввода всех необходимых данных как в веб-версии, так и в мобильной версии клиента (рис. 1). Мобильная версия клиента была разработана для удобного доступа к системе учета и ввода информации о неисправностях. Она позволяет отправить отчет, не отходя от места осмотра неисправности. Данное решение способствует рациональному использованию времени и облегчает работу конечного пользователя. Это является одним из способов автоматизации рабочего процесса. В настоящее время мобильные устройства получают все более широкое распространение и увеличивают список выполняемых ими функций. Постоянное наличие у людей при себе мобильных устройств стимулирует появление приложений и сервисов, которые позволят с минимальными затратами получить любую интересующую информацию.

Рис. 1. Форма ввода неисправности

Основная функция таких приложений – предоставление данных и методов работы с ними в удобной форме. В связи с тем что мобильные устройства ограничены вычислительными мощностями и объемом памяти, широкое распространение получили клиент-серверные приложения с удаленной базой данных, доступ к которой осуществляется с программ-клиентов. Это позволяет перенести логику работы на достаточно мощный сервер и освободить мобильное устройство от необходимости выполнения ресурсоемких действий.

В свою очередь серверное приложение контролирует доступ к данным в базе, а также осуществляет авторизацию и регистрацию пользователей, машин и поломок. Оставшийся функционал сервера заключается в принятии и возвращении определенных наборов данных, хранении их в базе для дальнейшего использования, генерации сообщений об ошибках.

При загрузке списков неисправностей или каких-либо других данных с сервера для пользователя отображается так называемый спиннер (индикатор) загрузки. Он служит в качестве сигнализатора готовности загружаемого контента для оповещения конечного пользователя о состоянии ПО при долгой загрузке данных сервера.

Наряду с информационным обеспечением программа позволит рассчитывать показатели надежности. В работах [4–6] подробно описано алгоритмическое обеспечение для упаковочно-оборудования, которое аналогично расчетам полиграфического оборудования и позволяет оценивать основные и дополнительные показатели надежности оборудования. В обработке данных по отказам с целью оценки надежности полиграфического оборудования были использованы методы аналитического моделирования и экспоненциальный закон распределения.

После математической обработки введенных данных мастер, в свою очередь, сможет посмотреть результаты вычислений, которые представлены в виде чисел, интервалов значений, графиков, отображенных в веб-версии клиента.

На основе полученных отчетов о поломках той или иной машины для каждой из них в индивидуальном порядке можно построить графики, отображающие дату следующей вероятной поломки. Благодаря наглядности прогнозирования по графикам можно делать выводы о необходимости замены оборудования, исчерпавшего свой ресурс. Решение вопроса об учете и отображении результирующих данных необходимо для обеспечения бесперебойной работы предприятия.

Для учета пользователей предусмотрен кабинет администратора, в котором можно добавлять и изменять учетные записи и их роли (рис. 2).

Для написания серверной части был выбран .NET Core – модульная реализация, которая может использоваться широким набором вертикалей, начиная с дата-центров и заканчивая сенсорными устройствами, доступная, с открытым исходным кодом, поддерживаемая Microsoft на Windows, Linux и Mac OSX [7].

.NET Core была выбрана для написания серверной части ввиду его кроссплатформенности, функциональности и надежности.

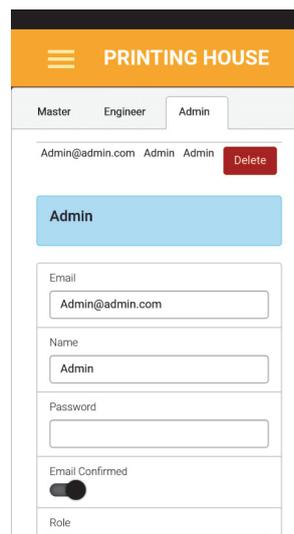


Рис. 2. Панель управления пользователями

Веб-версия клиента реализована с помощью Angular 4, MVW-фреймворка для разработки качественных клиентских веб-приложений на JavaScript [8].

Мобильная версия клиентского приложения реализована с использованием Angular 4, HTML, CSS, JS, JQuery, TypeScript (скриптовый язык, компилируемый в JavaScript) и Cordova Framework для компиляции под различные мобильные платформы. Apache Cordova – это платформа разработки мобильных приложений с открытым исходным кодом. Она позволяет использовать стандартные веб-технологии, такие как HTML5, CSS3 и JavaScript для кроссплатформенной разработки, избегая родного языка для каждой из мобильных платформ. Приложения выполняются внутри обертки, нацеленной на каждую платформу, и полагаются на стандартные API для доступа к датчикам устройства, данным и состоянию сети. В итоге после написания UI-части на Angular 4 и последующей компиляции в JS можно получить возможность быстрого создания кроссплатформенного мобильного приложения [9]. Пример меню мобильной версии приведен на рис. 3.

В качестве базы данных используется MS SQL Server – система управления реляционными базами данных (РСУБД), разработанная корпорацией Microsoft. Данная СУБД используется для работы с базами данных размером от персональных до крупных хранилищ масштаба предприятия. SQL Server был выбран как самая удобная система управления базой данных с широкими возможностями интеграции с серверной частью .NET Core, а именно Entity Framework Core. Для простоты развертки базы данных ее архитектура описана на стороне серверной части и интерпретируется на SQL Server при помощи Entity Framework Core [10].

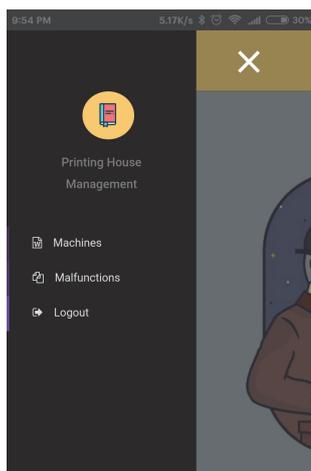


Рис. 3. Пункты меню мобильной версии ПО

Платформа Entity Framework представляет собой набор технологий ADO.NET, обеспечивающих разработку ПО, связанных с обработкой данных [11].

Структура базы данных представлена на рис. 4.

В качестве архитектурного решения были выбраны паттерны разработки Repository и Unit

Of Work. Паттерн репозиторий (Repository) служит для инкапсулирования логики работы с источниками данных. И приложение оперирует множеством сущностей и моделей, для управления которыми создается также множество классов-репозитория. Паттерн Unit of Work позволяет упростить работу с различными репозиториями и дает уверенность, что все они будут использовать один и тот же контекст данных.

При построении логики программного средства для передачи данных между клиентом и сервером было выбрано архитектурное решение – REST/CRUD (create, read, update, delete). Архитектура REST рассматривает уровень передачи данных HTTP как активного участника взаимодействия, используя существующие методы HTTP, такие как GET, POST, PUT и DELETE, для обозначения типа запрашиваемого сервиса. Следовательно, с точки зрения разработчика, запросы REST в общем случае более просты для формулирования и понимания, так как они используют существующие и хорошо понятные интерфейсы HTTP.

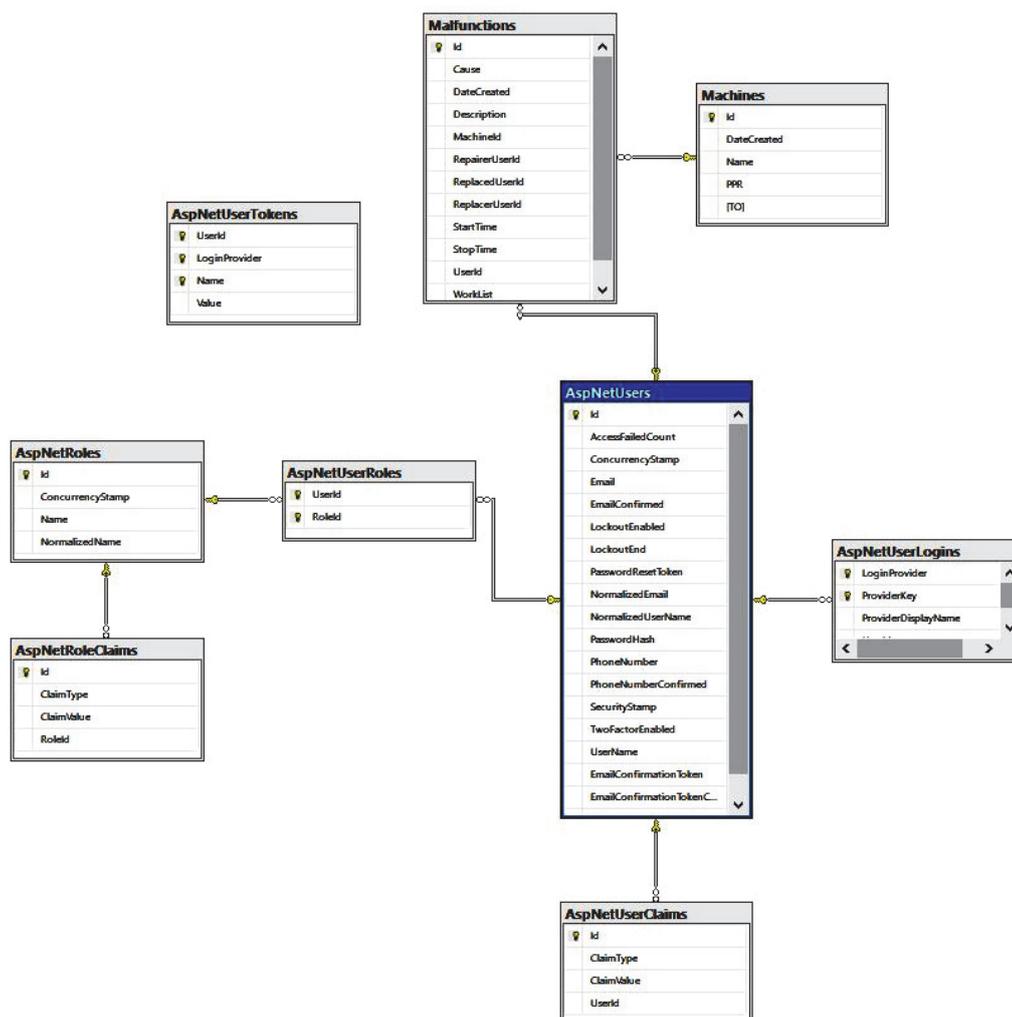


Рис. 4. Структура базы данных программного обеспечения

Для просмотра графического отображения прогнозируемого состояния машины необходимо выполнить вход в кабинет мастера и в пункте меню выбрать «Отображение графиков».

Точки графиков планируется рассчитывать и затем сохранять в базе для каждой машины при поступлении новых данных о неисправностях. Отображение этих данных для пользователя будет осуществляться при помощи наиболее удобной библиотеки на Angular 4 для построения графиков — ng2-charts.

Для обеспечения конфиденциальности информации используется токенная авторизация запросов пользователей. Это необходимо для достоверности результатов вычислений и защиты от кражи данных предприятия (рис. 5).

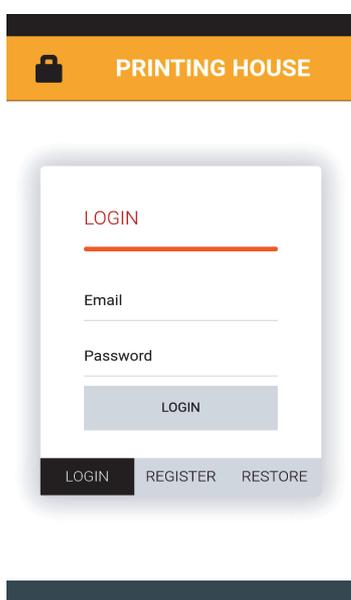


Рис. 5. Форма аутентификации, регистрации и восстановления доступа пользователей

Вывод. Таким образом, в статье описаны технологии и средства разработки, использованные в процессе создания программного обеспечения. Приложение спроектировано по технологии ORM с использованием библиотеки Entity

Framework (был применен подход Database First), патентов Repository и Unit of work.

Данное ПО прошло предварительное тестирование. В настоящее время ведется доработка функциональных возможностей расчета показателей надежности.

Программное средство предоставляет возможность учета и наглядного отображения всей информации не только о неисправностях, но и о работе, проделанной для их устранения, а также сведения о том, кем была зафиксирована и устранена неисправность.

Данная программа относится к классу статистических моделей, позволяет вычислять показатели надежности и эффективности системы в произвольный момент времени в зависимости от возможных наборов работоспособных и неработоспособных состояний элементов системы.

Использование разработанной программы позволит автоматизировать процесс выполнения программы обеспечения надежности на полиграфических предприятиях. На основе отчетов о поломках можно будет делать вывод о необходимости профилактики, ремонтов или замены оборудования. Данное программное средство даст возможность более точного прогнозирования наработки на отказ в новых вариантах и условиях эксплуатации, а также межремонтного периода для стандартных условий эксплуатации. С помощью ПО можно будет сопоставлять эффективность работы печатного оборудования у различных производителей.

В свою очередь своевременная профилактика оборудования снизит затраты на ремонты и техническое обслуживание. Надежность оборудования приведет к стабильному и качественному выполнению своих функций, повысит эффективность выпуска продукции, тем самым принесет прибыль предприятию.

После окончательных доработок и тестирования ПО будет внедрено на полиграфические предприятия.

Литература

1. Подобед Д. О. Статистика отказов полиграфического оборудования при производстве упаковочной продукции из картона // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2004. № 2. С. 3–14.
2. Рекомендации по созданию и работе с базами данных учебно-методического комплекса по проблемам химической безопасности / А. Ф. Егоров [и др.]. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2011. 185 с.
3. Антонов А. В. Системный анализ. М.: Высш. шк., 2006. 454 с.
4. Голуб Н. С., Кулак М. И. Надежность кондитерского упаковочного оборудования // Труды БГТУ. 2014. № 9: Издат. дело и полиграфия. С. 36–40.
5. Голуб Н. С., Кулак М. И. Взаимосвязь комплексных показателей надежности и производительности упаковочного оборудования // Труды БГТУ. 2014. № 9: Издат. дело и полиграфия. С. 48–51.

6. Голуб Н. С. Прогнозирование надежности и производительности упаковочного оборудования на этапах жизненного цикла // Труды БГТУ. 2015. № 9: Издат. дело и полиграфия. С. 50–55.
7. Паттерн Репозиторий в ASP.NET [Электронный ресурс]. URL: <http://metanit.com/sharp/articles/mvc/11.php> (дата обращения: 19.11.2017).
8. Angular Framework [Электронный ресурс]. URL: <http://angular.io> (дата обращения: 14.11.2017).
9. Apache Cordova [Электронный ресурс]. URL: <http://cordova.apache.org> (дата обращения: 19.11.2017).
10. Платформа .NET Framework [Электронный ресурс]. URL: [http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/zw4w595w\(v=vs.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/zw4w595w(v=vs.110).aspx) (дата обращения: 19.11.2017).
11. Файлы отделенного кода [Электронный ресурс]. URL: <http://metanit.com/sharp/wpf/2.2.php> (дата обращения: 14.11.2017).

References

1. Podobed D. O. Statistics of failures of the polygraphic equipment at manufacture of packing production from a cardboard. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy poligrafii i izdatel'skogo dela* [News of higher educational institutions. Problems of polygraphy and publishing], 2004, no. 2, pp. 3–14 (In Russian).
2. Egorov A. F., Savitskaya T. V., Mikhaylova P. G., Goranskiy A. V. *Rekomendatsii po sozdaniyu i rabote s bazami dannykh uchebno-metodicheskogo kompleksa po problemam khimicheskoy bezopasnosti* [Recommendations on the creation and work with databases of a training and methodological complex on chemical safety problems]. Moscow, RKhTU im. D. I. Mendeleeva Publ., 2011. 185 p.
3. Antonov A. V. *Sistemnyy analiz* [System analysis]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2006. 454 p.
4. Golub N. S., Kulak M. I. Reliability of confectionery packaging equipment. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 9: Publishing and Printing, pp. 36–40 (In Russian).
5. Golub N. S., Kulak M. I. Interrelation of complex indicators of reliability and productivity of packaging equipment. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2014, no. 9: Publishing and Printing, pp. 48–51 (In Russian).
6. Golub N. S. Forecasting the reliability and productivity of packaging equipment at life-cycle stages. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 9: Publishing and Printing, pp. 50–55 (In Russian).
7. *Pattern Repozitoriy v ASP.NET* [Repository pattern in ASP.NET]. Available at: <http://metanit.com/sharp/articles/mvc/11.php> (accessed 19.11.2017).
8. Angular Framework. Available at: <http://angular.io> (accessed 14.11.2017).
9. Apache Cordova. Available at: <http://cordova.apache.org> (accessed 19.11.2017).
10. *Platforma .NET Framework* [Platform .NET Framework]. Available at: [http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/zw4w595w\(v=vs.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/zw4w595w(v=vs.110).aspx) (accessed 19.11.2017).
11. *Fayly otdelennoy koda* [Separated code files]. Available at: <http://metanit.com/sharp/wpf/2.2.php> (accessed 14.11.2017).

Информация об авторах

Голуб Надежда Сергеевна — аспирант кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: golubok.358-01@mail.ru

Кальман Владислав Анатольевич — студент. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: vkalman@lightpoint.by

Information about the authors

Golub Nadezhda Sergeevna — PhD student, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: golubok.358-01@mail.ru

Kal'man Vladislav Anatol'evich — Student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vkalman@lightpoint.by

Поступила 15.01.201