

vskhozhesti // Polzunovskiy almanakh. – 2009. – No. 2. – S. 138-139.

9. Pyatygin S.S. Rasprostranyayushchiesya elektricheskie signaly v rasteniyakh // Tsitologiya. – 2008. – Т. 50. – S. 154-159.

10. GOST 12036-85. Semena sel'skokhozyaystvennykh kultur. Pravila priemki i metody otbora prob. – Pereizd. s izm. No. 2 vzamen GOST 12036-

66; vved. 01.07.86 do 01.07.96 // Semena sel'skokhozyaystvennykh kultur. Metody opredeleniya kachestva. Ch. 2. – Moskva: Standartinform, 2011.

11. GOST 12038-84. Semena sel'skokhozyaystvennykh kultur. Metody opredeleniya vskhozhesti, vved. 1986.07.01. – Moskva: Standartinform, 2011. – 11 s.



УДК 004.021

А.С. Авдеев, Н.Н. Барышева
A.S. Avdeyev, N.N. Barysheva

АЛГОРИТМ И СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТКАЗОВ И СБОЕВ ОБОРУДОВАНИЯ

THE ALGORITHM AND SYSTEM TO FORECAST EQUIPMENT FAILURES

Ключевые слова: алгоритм, система, прогнозирование, отказ оборудования.

Отслеживание технического состояния и эффективности эксплуатации производственного оборудования является актуальной задачей для каждого предприятия. Данная задача представляет собой трудоемкий процесс, практически невозможный без систематизации. Для решения данной проблемы предложены алгоритм и система прогнозирования отказов и сбоев производственного оборудования на основе расчетных показателей. В качестве расчетных показателей было принято использовать данные об эксплуатации оборудования. Ключевым показателем для системы является статистика работы, простоев и отказа оборудования. В результате была разработана система, которая позволяет собирать необходимую статистику и выполнять прогноз. В системе существуют два способа получения статистики – табличный вид и графический. При использовании табличного вида есть возможность фильтрации данных по всем критериям. Второй способ представляет собой круговую диаграмму, на которой отображается время работы оборудования и простоев. По умолчанию будет выведена статистика по всему оборудованию за все время эксплуатации. Существует возможность выбора конкретного оборудования и указания периода времени, за которое необходимо получить данные. На основании статистики выполняются прогнозирование и оценка эффективности работы оборудования. Приведены результаты расчета на примере станков для резки. Статистические данные представлены производственным предприятием ООО «Брянский арматурный завод». Наиболее вероятен отказ оборудования на временном промежутке от 9603,5 до 12843 ч. Данный промежуток в целом подтверждают га-

рантийные данные производителя станков, а при должных технических осмотрах есть вероятность возрастания нижней границы интервала. В результате проведенного исследования выявлено, что результаты, полученные экспериментальным путем, и результаты расчетов в системе практически идентичны. Это свидетельствует о корректности разработанных алгоритмов. Система может быть использована для оценки технического состояния и эффективности эксплуатации любого оборудования.

Keywords: algorithm, system, forecasting, equipment failure.

Tracking the technical condition and operational efficiency of production equipment is an urgent task for each enterprise. This task is a laborious process, almost impossible without systematization. To solve this problem, the algorithm and the system to forecast the failures of production equipment on the basis of calculated indices is proposed. The data about the operation of the equipment was used as the calculated indices. The key indicator for the system is the statistics of operation, downtime and equipment breakdowns. As a result, a system was developed that allows collecting the necessary statistics and making forecasts. There are two ways to get statistics in the system - a tabular view and a graphic one. When using a table view, it is possible to filter data by all criteria. The second method is a pie chart. The diagram displays equipment uptime and downtime. By default, the statistics will be displayed for all equipment for the entire period of operation. It is possible to select specific equipment and indicate the period of time for which it is necessary to obtain the data. Based on statistics, forecasting and evaluating the effectiveness of equipment are made. This paper presents the results of the calculation by the ex-

ample of cutting machines. The statistics are presented by the production enterprise ООО "Bryanskiy armaturniy zavod". The equipment failure is the most likely in the time period from 9603.5 hours to 12843 hours. This period as a whole is confirmed by the warranty data of the machine manufacturer, and with proper technical inspections there is

a possibility to increase the lower boundary of the interval. It was found that the results obtained experimentally and the results of calculations in the system were almost identical. This confirms the correctness of the developed algorithms. The system may be used to assess the technical condition and operational efficiency of any equipment.

Авдеев Александр Сергеевич, к.т.н., доцент, зав. каф. «Информационные системы в экономике», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. E-mail: ishimael@bk.ru.

Барышева Надежда Николаевна, к.т.н., доцент каф. «Информационные системы в экономике», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. E-mail: mnn-t@mail.ru.

Avdeyev Aleksandr Sergeyeovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Information Systems in Economy, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. E-mail: ishimael@bk.ru.

Barysheva Nadezhda Nikolayevna, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Information Systems in Economy, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. E-mail: mnn-t@mail.ru.

Введение

Узким местом любого производственного предприятия является оборудование, количество которого увеличивается по мере расширения самого предприятия [1, 2]. Отслеживать техническое состояние и эффективность эксплуатации каждой машины становится трудоемкой задачей, практически невозможной без систематизации [3-5].

Данные проблемы возникают из-за следующих явлений:

- простой персонала и оборудования производственных цехов из-за отсутствия материалов, нехватки специалистов по переналадке оборудования и т.п.;
- недостаточный контроль качества обслуживания и, как следствие, случаи повторного исправления дефектов;
- неэффективное планирование загрузки оборудования и задач производственного персонала;
- слабо организованная техническая поддержка;
- отсутствие единой системы учета производственного оборудования [5, 6].

Цель работы – разработка алгоритма и системы прогнозирования отказов и сбоев производственного оборудования.

Задачи работы:

- 1) исследование предметной области и объекта;
- 2) разработка методов прогнозирования отказов и сбоев оборудования;
- 3) разработка программного продукта.

Объекты и методы

В качестве исходных данных для прогнозирования приняты статистические данные, полученные в ходе эксплуатации оборудования. Статистические данные представлены предприятием ООО «Брянский арматурный завод».

Данные попадают в систему посредством ручного ввода. Заполняется паспорт оборудования, который содержит основную информацию и текущее состояние. Ежедневно рабочие смены осуществляют осмотр оборудования. Задачи, связанные с ремонтом, техническим обслуживанием и осмотром оборудования фиксируются в системе. Таким образом, учет оборудования полностью переходит с бумажных носителей и журналов на ведение в системе. По мере эксплуатации оборудования в системе накапливаются статистические данные.

Для решения задачи прогнозирования отказов и сбоев оборудования реализован следующий алгоритм – выбрана группа оборудования одного типа, далее построен запрос на получение статистики работы и первого выхода из строя по каждой машине из выбранной группы [7, 8]. По суммарному времени работы оборудования находятся математическое ожидание и дисперсия [9, 10], после чего вычисляется интервал, на котором наиболее вероятен отказ нового оборудования данного типа. На экран выводится количество часов работы до момента первого отказа по каждой машине, спрогнозированный интервал отказа, а также новое оборудование, на котором еще не проведены осмотры и находящееся внутри интервала.

В качестве выходной информации получен временной интервал, отражающий наиболее вероятный период выхода из строя нового оборудования, а также наименование оборудования, которое попадает в данный временной интервал, а также не проходившее осмотра.

В случае отсутствия нового оборудования, соответствующего критериям прогноза, будет показано сообщение: «Нет оборудования для прохождения технического осмотра».

При отсутствии статистических данных или их недостаточном количестве будет показано сообщение: «Недостаточно данных статистики!».

Для осуществления прогноза необходимо выбрать статистические данные работы, отказов и сбоев оборудования. Данные попадают в систему автоматически или посредством ручного ввода. Для корректного расчета также необходимо выбрать группу оборудования одного вида.

В случае отсутствия выбранного оборудования пользователь получит сообщение о необходимости заполнения поля.

Результаты и их обсуждение

Ключевым показателем для системы является статистика работы, сбоев и отказов оборудования. Для сбора статистики разработан программный код [13]. Система внедрена в предприятие ООО «Брянский арматурный завод».

Обновление данных происходит автоматически один раз в сутки согласно графику работы оборудования. В случае отсутствия графика работы предусмотрен режим ручного ввода.

Для регистрации выхода оборудования из строя в карточке оборудования необходимо нажать кнопку «Зафиксировать остановку оборудования». При этом откроется окно создания задачи, в котором будет отмечена невозможность продолжения эксплуатации.

В системе существуют два способа получения статистики: табличный вид и графический. При использовании табличного вида есть возможность фильтрации данных по всем критериям. Итоговая форма статистики в табличном виде представлена на рисунке 2.

Второй способ представления статистики – графический вид, который представляет собой круговую диаграмму. На диаграмме отображается время работы оборудования и простоев. По умолчанию будет выведена статистика по всему оборудованию за все время эксплуатации. Существует возможность выбора конкретного оборудования и указания периода времени, за которое необходимо получить данные.

Графическая диаграмма статистики представлена на рисунке 3.

На основании предоставленной статистики выполняются прогнозирование и оценка эффективности работы оборудования (рис. 4).

При выборе группы оборудования одного типа выполняется расчет прогнозирования для нового оборудования, в случае выбора одной производственной машины будет спрогнозирован следующий отказ.

Станок для резки «Bat» UI-2	
Тип оборудования	Производственное оборудование
Тип регламента	Машино-часы
Наименование оборудования	Станок для резки «Bat» UI-2
Место расположения	Тестовый цех
Инвентарный номер	К304322
Дата ввода в эксплуатацию	10.01.2018
Ответственный за осмотры	Инженер-механик
Статус оборудования	В эксплуатации

Рис. 1. Карточка оборудования

Статистика (табличный вид) Главная - Статистика (табличный вид)

Показаны записи 1-20 из 8 132.

#	Дата и время начала	Оборудование	Статус	Причина
1	21.06.2017 10:00:00	Станок для резки «Bat» UI-1	В работе	-
2	21.06.2017 18:00:00	Станок для резки «Bat» UI-1	Простой	-
3	22.06.2017 10:00:00	Станок для резки «Bat» UI-1	В работе	-
4	22.06.2017 18:00:00	Станок для резки «Bat» UI-1	Простой	-
5	23.06.2017 10:00:00	Станок для резки «Bat» UI-1	В работе	-

Рис. 2. Представление статистики в табличном виде

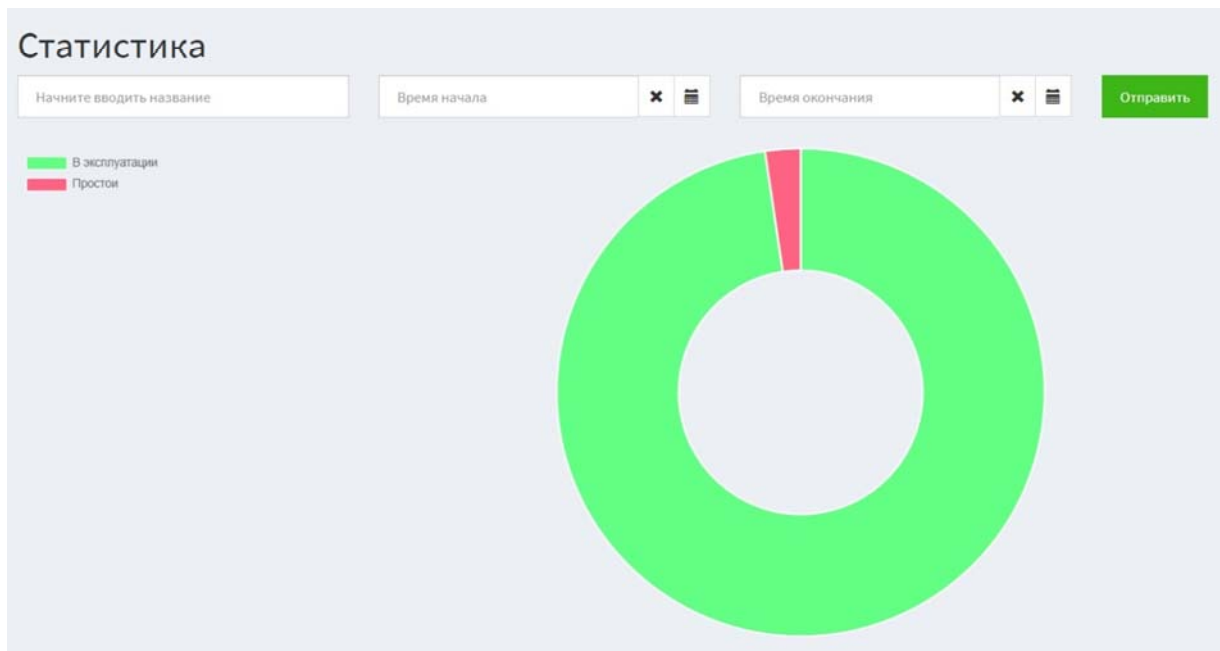


Рис. 3. Представление статистики в графическом виде

Главный инженер Admin

- Оборудование
- Текущие задачи
- Техническое обслуживание
- Задания
- Пользователи
- Транзакции
- Статистика

Прогнозирование

Выборка (кол-во отработанного времени до выхода из строя):

Станок для резки «Bat» UI-1: 9300ч 0мин	Наиболее вероятная поломка оборудования: 9603ч 0мин - 12843ч 0мин	Необходимо провести осмотр: Станок для резки «Bat» UI-11
Станок для резки «Bat» UI-2: 11600ч 0мин		
Станок для резки «Bat» UI-3: 12300ч 0мин		
Станок для резки «Bat» UI-4: 8170ч 30мин		
Станок для резки «Bat» UI-5: 10640ч 0мин		
Станок для резки «Bat» UI-6: 11200ч 0мин		
Станок для резки «Bat» UI-7: 12925ч 0мин		
Станок для резки «Bat» UI-8: 14150ч 0мин		
Станок для резки «Bat» UI-9: 10900ч 0мин		
Станок для резки «Bat» UI-10: 11050ч 0мин		

Рис. 4. Прогнозирование

Таблица 1

Входные данные для прогнозирования первого отказа нового оборудования

Наименование оборудования	Количество часов эксплуатации до первого отказа
Станок для резки Bat № 1	9300
Станок для резки Bat № 2	11600
Станок для резки Bat № 3	12300
Станок для резки Bat № 4	8170
Станок для резки Bat № 5	10640
Станок для резки Bat № 6	11200
Станок для резки Bat № 7	12925
Станок для резки Bat № 8	14150
Станок для резки Bat № 9	10900
Станок для резки Bat № 10	11050

В результате экспериментального расчета прогнозирования первого отказа нового оборудования были получены следующие результаты.

Входные данные для расчета представлены в таблице 1.

Гарантийный срок службы для данного вида оборудования составляет 10000 ч эксплуатации.

Произведем расчеты и сравним полученный результат с системой.

Согласно алгоритму сначала вычисляется математическое ожидание [14, 15]:

$$M(x) = (9300 + 11600 + 12300 + 8170 + 10640 + 11200 + 12925 + 14150 + 10900 + 11050) / 10 = 11\ 223,5 \text{ ч.}$$

Далее находим дисперсию:

$$D(x) = M(x^2) - (M(x))^2 = (9300^2 \times 0,1) + (11600^2 \times 0,1) + (12300^2 \times 0,1) + (8170^2 \times 0,1) + (10640^2 \times 0,1) + (11200^2 \times 0,1) + (12925^2 \times 0,1) + (14150^2 \times 0,1) + (10900^2 \times 0,1) + (11050^2 \times 0,1) - (11223,5)^2 = 8649000 + 13456000 + 15129000 + 6674890 + 11320960 + 12544000 + 16705562 + 20022250 + 11881000 + 12210250 - 125966952,25 = 2625960 \text{ ч.}$$

Таким образом, среднее квадратичное отклонение: $\sigma = 1620 \text{ ч.}$

Это означает, что наиболее вероятен отказ оборудования на промежутке 9603,5; 12843 ч. Данный промежуток в целом подтверждает гарантийные данные производителя станков, а при должных технических осмотрах есть вероятность возрастания нижней границы интервала.

Проведем данный эксперимент в системе и посмотрим на полученный результат.

Сравним полученные результаты с экспериментальным расчетом прогнозирования следующего отказа оборудования с помощью метода наименьших квадратов.

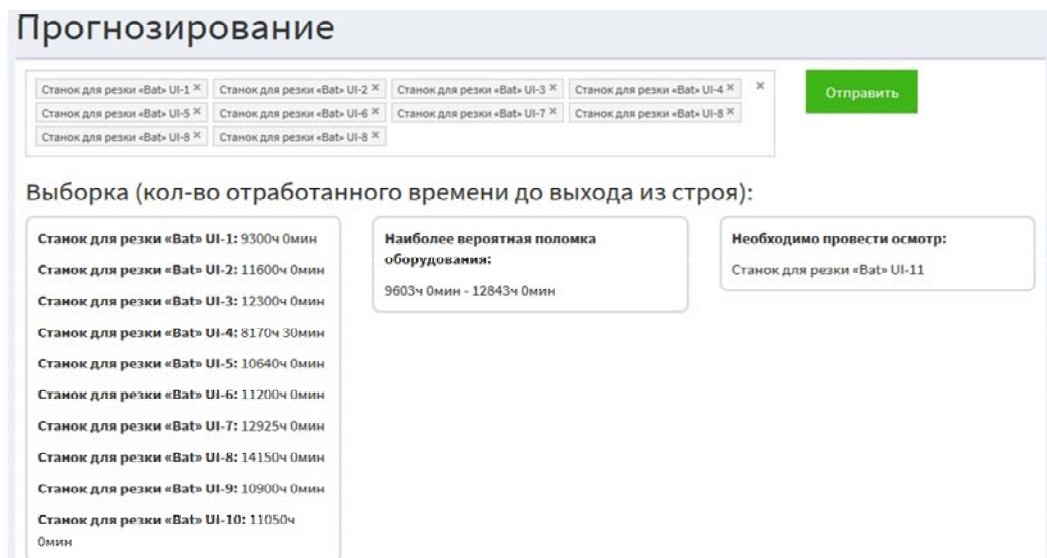


Рис. 5. Прогнозирование в системе

Метод наименьших квадратов [15] подразумевает построение уравнения регрессии. Для решения создадим таблицу 2, включающую исходные данные и вспомогательные колонки.

Система уравнений имеет вид:

$$\begin{cases} 5a + 15b + 55c = 92950 \\ 15a + 55b + 225c = 323000 \\ 55a + 225b + 979c = 1282900 \end{cases}$$

Получаем значения параметров:

$$a = 3120, b = 6322,143, c = -317,857.$$

Уравнение тренда:

$$y = -317,857 * t^2 + 6322,143 * t + 3120.$$

Произведем прогнозирование следующего отказа на основе полученного уравнения регрессии:

$$y = -317,857 * 36 + 6322,143 * 6 + 3120 = 11442,852 + 37932,858 + 3120 = 29610 \text{ ч.}$$

График линии тренда представлен на рисунке 6.

Произведем аналогичные действия в системе. Результат выполнения прогнозирования, полученный системой, представлен на рисунке 7.

Таблица 2

Метод наименьших квадратов

t	Y, ч	t ²	y ² , ч	t y, ч	t ³	t ⁴	t ² y, ч
1	9300	1	86490000	9300	1	1	9300
2	14250	4	203062500	28500	8	16	57000
3	18900	9	357210000	56700	27	81	170100
4	24000	16	576000000	96000	64	256	384000
5	26500	25	702250000	132500	125	625	662500
15	92950	55	1925012500	323000	225	979	1282900

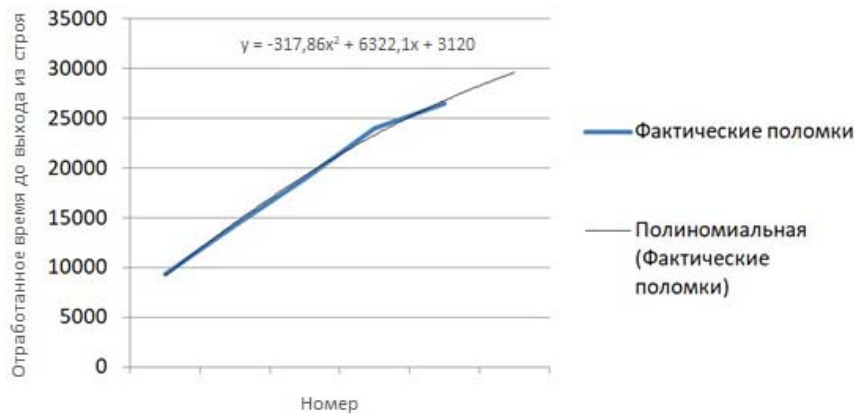


Рис. 6. График отказов оборудования

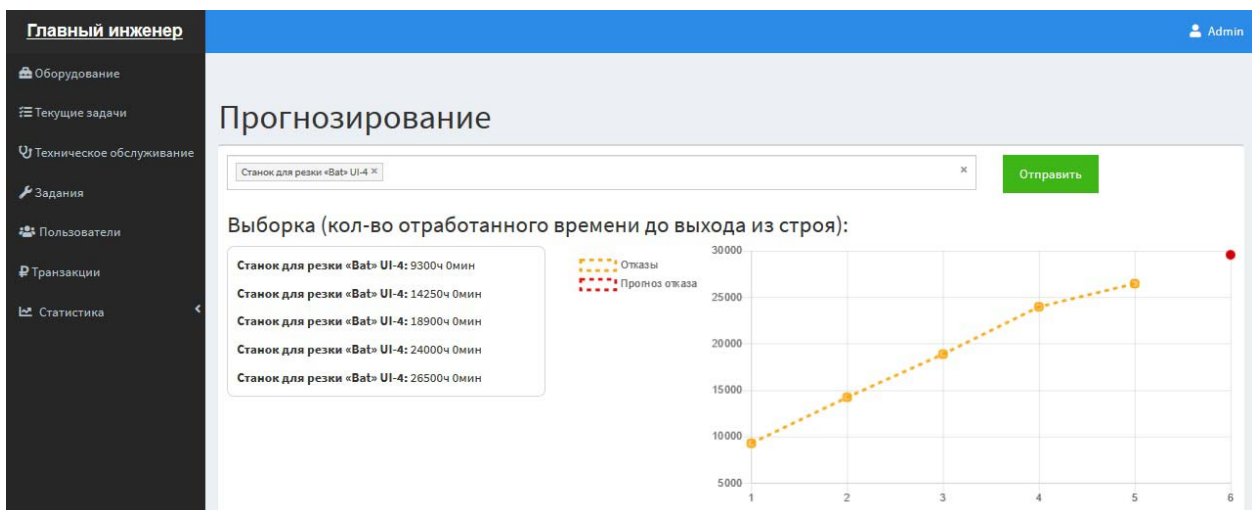


Рис. 7. Прогнозирование следующего отказа оборудования

Таким образом, получен прогноз следующего отказа – 29610 ч.

Статистические данные для выполнения прогнозирования отказа оборудования представлены производственным предприятием ООО «Брянский арматурный завод».

Заключение

Основываясь на анализ статистических данных, которые были предоставлены производственным предприятием ООО «Брянский арматурный завод», а именно данных о работе, сбоях и отказах станков для резки, были получены следующие результаты прогнозирования. Наиболее вероятен отказ оборудования на временном промежутке от 9603,5 до 12843 ч. Данный промежуток в целом подтверждают гарантийные данные производителя станков, а при должных технических осмотрах есть вероятность возрастания нижней границы интервала.

В результате проведенного исследования выявлено, что результаты, полученные экспериментальным путем, и результаты расчетов в системе практически идентичны. Это свидетельствует о корректности разработанных алгоритмов.

Система может быть использована для оценки технического состояния и эффективности эксплуатации любого оборудования.

Библиографический список

1. Вендров, А. М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем: учебное пособие / А. М. Вендров. – 2. – Москва: Финансы и статистика, 2006. – 544 с. – Текст: непосредственный.
2. Кузьмин, В. В. Система прогнозирования отказов оборудования промышленных предприятий / В. В. Кузьмин, Д. С. Косов, А. Л. Новиков, А. В. Иващенко – Текст: непосредственный // Надежность и качество сложных систем. – 2015. – № 3 (11). – С. 87-90.
3. Оклей, П. И. Прогнозирование остаточного ресурса и вероятности наступления отказа оборудования – основа проектирования производственной программы ремонтных работ / П. И. Оклей. – Текст: непосредственный // Объ-

единение контроллеров. – 2017. – № 65. – С. 54-63.

4. Общая эффективность оборудования / перевод с английского. – Москва: Институт комплексных стратегических исследований, 2007. – 120 с. – Текст: непосредственный.

5. Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств / А. А. Иванов. – Инфра-М, 2018. – 224 с. – Текст: непосредственный.

6. Кузьмин, В. В. Интеллектуальные технологии диагностики оборудования промышленных предприятий / В. В. Кузьмин, Д. С. Косов, А. Л. Новиков, А. В. Иващенко. – Текст: непосредственный // Надежность и качество: труды Международного симпозиума. – 2015. – Т. 2. – С. 28-29.

7. Калянов, Г. Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов: учебное пособие / Г. Н. Калянов. – Москва: Финансы и статистика, 2007. – 240 с. – Текст: непосредственный.

8. Благодатских, В. А. Стандартизация разработки программных средств: учебное пособие / В. А. Благодатских, В. А. Волнин, К. Ф. Посакалов; под редакцией О. С. Разумова. – Москва: Финансы и статистика, 2006. – 288 с: ил. – Текст: непосредственный.

9. Сухарев, М. Г. Методы прогнозирования: учебное пособие. – Москва: РГУ нефти и газа, 2009. – 208 с. – Текст: непосредственный.

10. Дрогобыцкий, И. Н. Системный анализ в экономике: учебное пособие / И. Н. Дрогобыцкий. – Москва: Финансы и статистика, 2009. – 508 с. – Текст: непосредственный.

11. Гвоздева, Т. В. Проектирование информационных систем: учебное пособие / Т. В. Гвоздева, Б. А. Баллод. – Феникс, 2009. – 508 с. – Текст: непосредственный.

12. Полякова, П. В. Информатика для экономистов: учебник / В. П. Поляков; под редакцией В. П. Полякова. – Москва: Юрайт, 2015. – 524 с. – Текст: непосредственный.

13. Трофимов, В. В. Алгоритмизация и программирование: учебник / В. В. Трофимов, Т. А. Павловская. – Москва: Юрайт, 2017. – 137 с. – Текст: непосредственный.

14. Боровиков, В. П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В. П. Боровиков. – 2-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 688 с. – Текст: непосредственный.

15. Гайдышев, И. А. Анализ и обработка данных / И. А. Гайдышев. – Санкт-Петербург: Питер, 2001. – 752 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Vendrov, A.M. Proektirovanie programmnoho obespecheniya ekonomicheskikh informatsionnykh sistem: uchebnoe posobie / A.M. Venderov. – Moskva: Finansy i statistika, 2006. – 544 s.

2. Kuzmin, V.V. Sistema prognozirovaniya otkazov oborudovaniya promyshlennykh predpriyatiy / V.V. Kuzmin, D.S. Kosov, A.L. Novikov, A.V. Ivashchenko // Nadezhnost i kachestvo slozhnykh sistem. – 2015. – No. 3 (11). – S. 87-90.

3. Okley, P.I. Prognozirovaniye ostatochnogo resursa i veroyatnosti nastupleniya otkaza oborudovaniya – osnova proektirovaniya proizvodstvennoy programmy remonnykh rabot // Obedinenie kontrolerov. – 2017. – No. 65. – S. 54-63.

4. Obshchaya effektivnost oborudovaniya / per. s angl. – Moskva: Institut kompleksnykh strategicheskikh issledovaniy, 2007. – 120 s.

5. Ivanov A.A. Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov i proizvodstv / A.A. Ivanov. – Moskva: Infra-M, 2018. – 224 s.

6. Intellektualnye tekhnologii diagnostiki oborudovaniya promyshlennykh predpriyatiy / V.V. Kuzmin, D.S. Kosov, A.L. Novikov, A.V. Ivashchenko

// Trudy Mezhdunar. simp. «Nadezhnost i kachestvo». – 2015. – T. 2. – S. 28-29.

7. Kalyanov, G.N. Modelirovanie, analiz, reorganizatsiya i avtomatizatsiya biznes-protsessov: uchebnoe posobie / G.N. Kalyanov. – Moskva: Finansy i statistika, 2007. – 240 s.

8. Blagodatskikh, V.A. Standartizatsiya razrabotki programmnykh sredstv: uchebnoe posobie / V.A. Blagodatskikh, V.A. Volnin, K.F. Poskakalov; pod red. O.S. Razumova. – M.: Finansy i statistika, 2006. – 288 s: il.

9. Sukharev, M.G. Metody prognozirovaniya: uchebnoe posobie. – Moskva: RGU nefti i gaza, 2009. – 208 s.

10. Drogobytskiy, I.N. Sistemnyy analiz v ekonomike: uchebnoe posobie / I.N. Drogobytskiy. – Moskva: Finansy i statistika, 2009. – 508 s.

11. Gvozdeva, T.V. Proektirovanie informatsionnykh sistem: uchebnoe posobie / T.V. Gvozdeva, B.A. Ballod. – Feniks, 2009. – 508 s.

12. Polyakova, P.V. Informatika dlya ekonomistov: uchebnyk / pod red. V.P. Polyakova. – Moskva: Yurayt, 2015. – 524 s.

13. Trofimov, V.V. Algoritmizatsiya i programmirovaniye: uchebnyk / V.V. Trofimov, T.A. Pavlovskaya. – Moskva: Yurayt, 2017. – 137 s.

14. Borovikov, V.P. STATISTICA. Iskusstvo analiza dannykh na kompyutere: dlya professionalov / V.P. Borovikov. – 2-e izd. – Sankt-Peterburg: Piter, 2003. – 688 s.

15. Gaydyshev, I.A. Analiz i obrabotka dannykh / I.A. Gaydyshev. – Sankt-Peterburg: Piter, 2001. – 752 s.



УДК 628.93:63

О.А. Герасимова, Е.С. Дружинина, М.Ю. Егоров, Т.Н. Карасева
O.A. Gerasimova, Ye.S. Druzhinina, T.N. Karaseva, M.Yu. Yegorov

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСВЕЧИВАНИЯ РАССАДЫ

THE STUDY OF THE EQUIPMENT FOR SEEDLING ILLUMINATION

Ключевые слова: рассадa, светодиодное освещение, освещенность, световой поток, длина волны, спектр излучения, датчики излучения, фаза роста.

Keywords: seedlings, led lighting, illumination, luminous flux, wavelength, radiation spectrum, radiation sensors, growth phase.