

УДК 637.028

**Е. А. Коротыш, Н. Э. Трусевич**

Белорусский государственный технологический университет

**МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕДЕЛЬНОЙ И СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОПЕРАТОРОВ В ПОЛИГРАФИЧЕСКОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ**

Работоспособность на производстве в определенной степени зависит от свойств личности работника, типологической особенности нервной системы и его темперамента. Наряду с этим на нее влияют новизна выполняемой работы, интерес к ней, установка на выполнение определенного конкретного задания, информация и оценка результатов по ходу выполнения работы, усидчивость, аккуратность и т. п. Под влиянием трудовой деятельности работоспособность претерпевает изменения, которые отчетливо наблюдаются в течение дня, недели, года в целом.

В работе проведено исследование динамики изменения работоспособности в зависимости от ее временных параметров (рабочая неделя, год). В основу данного исследования были положены сведения об ошибках персонала, зафиксированные в журналах учета технического состояния, техобслуживания и ремонтов оборудования, а также в техническом журнале контроля качества печатных форм. Данные позволили построить графики, отражающие интенсивность отказов оборудования по вине персонала в течение рабочей недели и в течение года. График интенсивности отказов оборудования по вине персонала в течение рабочей недели подтверждает, что во вторник – четверг наблюдается наибольшая работоспособность.

Результаты исследования количественно подтверждают известное теоретическое положение, что для недельной динамики работоспособности сотрудников типографии характерно максимальное снижение отказов по вине персонала один раз, как правило, в среду, а для годовой — дважды в течение года. Данные закономерности имеют большое значение для планирования мероприятий по оптимизации условий труда и отдыха персонала.

**Ключевые слова:** работоспособность, рабочая неделя, отказ оборудования, персонал, технологическая операция, период.

**Ye. A. Korotysh, N. E. Trusevich**

Belarusian State Technological University

**MODELING WEEKLY AND SEASONAL DYNAMICS OF PERFORMANCE OF OPERATORS IN THE PROCESS OF PRINTING TECHNOLOGY**

Working capacity on production to some extent depends on properties of the identity of the worker's personality, typological feature of nervous system and their temperament. Along with this, the novelty of the work performed, interest in it, aiming at the fulfilment of a certain specific task, information and assessment of the results while doing the work, assiduity, accuracy, etc. influence it. Under the influence of a labor activity working capacity undergoes changes which are distinctly observed during the day, weeks, years in general.

The analysis was performed in the dynamics of working capacity change depending on its temporary parameters (business week, year). The given research is based on the data of human errors fixed in registers of technical condition, maintenance and repairs of the equipment as well as in the technical register of quality control of printing forms. The data allowed to make the diagram reflecting failure rate of the equipment because of personnel during business week and within a year. The diagram of equipment failures because of personnel during the business week confirms, the fact that on Tuesday-Thursday the greatest working capacity is observed.

The results of the research confirm quantitatively the known abstract theorem that for the week dynamics of the staff efficiency of print shop the maximum decrease in refusals through personnel's fault is typical as a rule, on Wednesday, but annually — twice within a year. These regularities are of great importance for planning of actions for optimization of working conditions and rest of the personnel.

**Key words:** working capacity, working week, failure of equipment, staff, the manufacturing operation, period.

**Введение.** Человек, как звено любой системы, безусловно, влияет на показатели надежности и эффективности технологической системы

в целом и ее отдельных подсистем и задач. Методология оценки влияния человеческого фактора на работу системы должна учитывать

влияние ошибок персонала на ее надежность, а также психологические особенности человека как звена системы. Таким образом, отсутствие информации об изменении работоспособности сотрудников при проведении исследований по надежности снижает точность получаемого результата.

Работоспособность определяется как способность человека к выполнению конкретной умственной деятельности в рамках заданных временных лимитов и параметров эффективности. Основу работоспособности составляют специальные знания, умения, навыки, а также определенные психофизические особенности, например, память, внимание, мышление и т. д.; физиологические: состояние дыхательной, сердечно-сосудистой, мышечной, эндокринной и других систем; физические: уровень развития выносливости, силы, быстроты движений и др.: совокупность специальных качеств, необходимых в конкретной деятельности. Работоспособность зависит от возможностей человека, адекватных уровню мотивации и поставленной цели. Работоспособность на производстве в определенной степени зависит от свойств личности работника, типологической особенности нервной системы и его темперамента. Наряду с этим на нее влияют новизна выполняемой работы, интерес к ней, установка на выполнение определенного конкретного задания, информация и оценка результатов по ходу выполнения работы, усидчивость, аккуратность и т. п. Под влиянием трудовой деятельности работоспособность претерпевает изменения, которые отчетливо наблюдаются в течение дня, недели, года в целом [1].

Динамика работоспособности в недельном цикле характеризуется последовательной сменной периода вработывания в начале недели (понедельник), что связано с вхождением в привычный режим работы после отдыха в выходной день. В середине недели (вторник – четверг) наблюдается период устойчивой, высокой работоспособности. К концу недели (пятница, суббота) отмечается процесс ее снижения. В некоторых случаях в субботу наблюдается подъем работоспособности, что объясняется явлением «конечного порыва» [2].

Целью работы является исследование недельной и сезонной динамики работоспособности сотрудников полиграфических предприятий. В основу данного исследования были положены сведения об ошибках персонала, зафиксированные в журналах учета технического состояния, техобслуживания и ремонтов оборудования, а также в техническом журнале контроля качества печатных форм. Использовались данные с 2004 по 2010 г., полученные

на Минской фабрике цветной печати. В ходе исследования были проанализированы статистические данные об отказах оборудования и найдены интенсивности отказов по дням недели в течение исследуемого периода. Зависимость средней интенсивности отказов оборудования по вине персонала в течение рабочей недели представлена на рис. 1

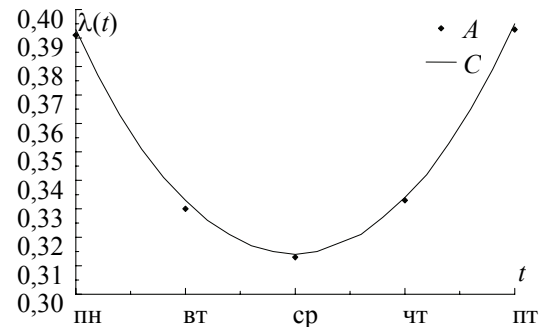


Рис. 1. Средняя интенсивность отказов оборудования по вине персонала в течение рабочей недели за 2004–2010 гг.:

A — статистические данные;  
C — теоретическая зависимость

Зависимость изменения интенсивности отказов в течение рабочей недели, построенная на основе данных об ошибках персонала, может быть описана функцией:

$$\lambda(t) = \frac{A}{(1 + 10^{a-bt})^2 \cdot 10^{a-bt} b \ln(10)}, \quad (1)$$

где  $\lambda(t)$  — интенсивность отказов оборудования; A — асимптота; a, b — коэффициенты; t — время. Методика расчета изложена в литературе [3].

Значения коэффициентов представлены в табл. 1.

Таблица 1  
Значения коэффициентов для недельной динамики работоспособности

Год	A	a	b
2004	0,017	0,305	0,083
2005	0,005	1,290	0,105
2006	0,039	0,635	0,223
2007	0,046	0,719	0,267
2008	0,037	0,794	0,22
2009	0,021	0,726	0,148
2010	0,017	0,305	0,083

Коэффициент A — это асимптота, максимум по расчетам наблюдается в 2007 г., что касается коэффициента a, то он растет медленно, коэффициент b отвечает за кинетику (скорость) и также имеет максимум в 2007 г. Данный

характер изменения коэффициентов (максимальное значение в 2007 г.) может быть связан с большими заказами в этот период.

Типичная кривая недельной работоспособности изменяется, если вступает в силу фактор нервно-эмоционального напряжения, сопровождающего работу на протяжении ряда дней. В последующие дни недели обычные рабочие нагрузки воспринимаются как легкие; нервно-эмоциональные напряжения эффективно стимулировали восстановление работоспособности с появлением в субботу фазы суперкомпенсации.

Если рассматривать в качестве периода наблюдений год, то его начало сопровождается периодом вработывания, продолжительностью 1,5–2,5 недели. В дальнейшем изменение работоспособности до середины апреля характеризуется высоким уровнем устойчивости. В апреле наблюдаются признаки снижения работоспособности, обусловленные кумулятивным эффектом многих негативных факторов жизнедеятельности, накопленных за рабочий период. Процесс восстановления происходит в первые 12 дней отпуска. На рис. 2 по месяцам представлен теоретический график, отражающий работоспособность в течение года.

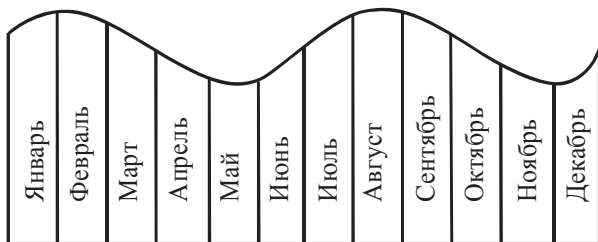


Рис. 2. Сезонное изменение работоспособности персонала

После отпуска процесс полноценной реализации трудовых возможностей затягивается до 3–3,5 недель (период вработывания), сопровождаемый постепенным повышением уровня работоспособности. Затем следует период устойчивой работоспособности длительностью 2,5 месяца. В декабре, когда наступает период написания различных годовых отчетов, а также выполнения планов, ежедневная нагрузка увеличивается, соответственно работоспособность начинает снижаться. В период зимних праздников работоспособность восстанавливается к исходному уровню, а если отдых сопровождается активными занятиями физической культурой и спортом, наблюдается явление сверхвосстановления работоспособности.

В ходе исследования были проанализированы статистические данные об отказах оборудования и найдены интенсивности отказов по месяцам в течение исследуемого периода. Далее

был построен график средней интенсивности отказов по месяцам за 2004–2010 гг., представленный на рис. 3. График построен на основе сведений об отказах оборудования, зафиксированных в журналах учета технического состояния, техобслуживания и ремонта оборудования, а также в техническом журнале контроля качества печатных форм. Из графика следует, что чем больше значение интенсивности отказов, тем ниже работоспособность. Таким образом, можно сделать вывод, что график работоспособности будет зеркален графику, представленному на рис. 3.

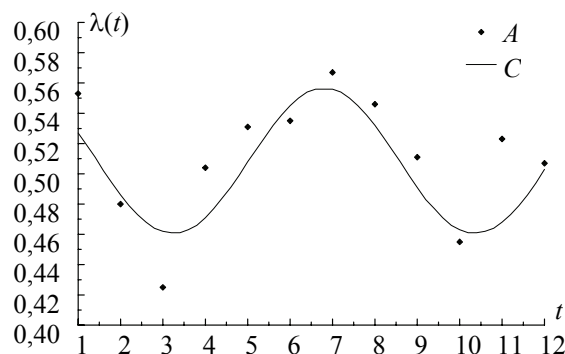


Рис. 3. Средняя интенсивность отказов оборудования по вине ошибок персонала в течение года за 2004–2010 гг.:  
A — статистические данные;  
C — теоретическая зависимость

Зависимость изменения интенсивности отказов в течение года, построенная на основе данных об ошибках персонала, может быть описана функцией:

$$\lambda(t) = b_0 \cdot \sin(b_1 \cdot t + b_2) + \frac{\lambda_{\max} + \lambda_{\min}}{2}, \quad (2)$$

где  $b_0$  — амплитуда;  $b_1$  — частота;  $b_2$  — фаза;  $\lambda_{\max}$  — максимальное значение интенсивности отказов оборудования;  $\lambda_{\min}$  — минимальное значение интенсивности отказов оборудования.

Коэффициенты аппроксимации для сезонной динамики работоспособности представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Значения коэффициентов для сезонной динамики работоспособности**

Год	$b_0$	$b_1$	$b_2$
2004	0,035	0,994	-0,878
2005	0,066	0,85	2,548
2006	0,228	0,813	0,609
2007	0,072	0,872	3,557
2008	0,198	0,885	1,956
2009	0,183	0,622	1,761
2010	0,064	0,789	2,689

Максимальное изменение амплитуды ( $b_0$ ) сезонной динамики приходится на 2007–2008 гг., частота колебаний интенсивности отказов ( $b_1$ ) уменьшается, что может свидетельствовать о повышении квалификации оператора. Сдвиг по фазе ( $b_2$ ) происходит вправо, что свидетельствует о смещении зимнего максимума на весну, а осеннего на зиму. Это может быть связано с изменением характера структуры заказов.

Динамика работоспособности в течение года характеризуется последовательной сменой периода вработывания в начале, периодом устойчивой, высокой работоспособности и периодом ее снижения. Однако после периода, сопровождавшегося повышенными значениями интенсивности отказов, начинается уменьшение, так как следует период устойчивой рабо-

тоспособности. Кривая работоспособности может измениться, если на производство поступали тяжелые заказы, требующие особого внимания, или же было много заказов, тогда в силу вступает фактор нервно-эмоционального напряжения. В результате происходит стимулирование восстановления работоспособности.

**Заключение.** Результаты исследования количественно подтверждают известное теоретическое положение, что для недельной динамики работоспособности сотрудников типографии характерно максимальное снижение отказов по вине персонала один раз, как правило, в среду, а для годовой — дважды в течение года. Установленные количественные закономерности могут быть использованы для планирования мероприятий по оптимизации условий труда и отдыха персонала.

### Литература

1. Куликов В. М. Физическая культура в научной организации труда. Гродно: Гродненский гос. аграрный ун-т, 2008. 44 с.
2. Динамика работоспособности студентов в учебном году и факторы, ее определяющие [Электронный ресурс] / Cool4Student.ru. Москва, 2009. URL: <http://www.cool4student.ru/node/2286> (дата обращения: 20.04.2016).
3. Кулак М. И., Ничипорович С. А., Трусевич Н. Э. Фазовые траектории жизненных циклов в экономике // Доклады НАН Беларуси. 2011. Т. 55, № 2. С. 117–124.

### References

1. Kulikov V. M. *Fizicheskaya kul'tura v nauchnoy organizatsii truda* [Physical culture in the scientific organization of labor]. Grodno, Grodnenskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet Publ., 2008, 44 p.
2. *Dinamika rabotosposobnosti studentov v uchebnom godu i factory, eye opredelyayushchie* [Dynamics performance of students in the academic year and its determining factors]. Available at: <http://www.cool4student.ru/node/2286> (accessed: 20.04.2016).
3. Kulak M. I., Nichiporovich S. A., Trusevich N. E. Phase trajectories of life cycles in the economy. *Doklady NAN Belarusi* [Reports of national academy of Sciences of Belarus], 2011, vol. 55, no. 2, pp. 117–124 (In Russian).

### Информация об авторах

**Коротыш Елена Андреевна** — магистр технических наук, аспирант кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [elena\\_yanec@mail.ru](mailto:elena_yanec@mail.ru)

**Трусевич Надежда Эдуардовна** — кандидат экономических наук, доцент кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [trusevich@belstu.by](mailto:trusevich@belstu.by)

### Information about the authors

**Korotysh Yelena Andreyevna** — Master of Engineering, Phd student, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [elena\\_yanec@mail.ru](mailto:elena_yanec@mail.ru)

**Trusevich Nadezhda Eduardovna** — PhD (Economics), Assistant Professor, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [trusevich@belstu.by](mailto:trusevich@belstu.by)

Поступила 11.03.2016