

УДК 519.66:517.44

EDN: GYXCCU

^{1,*}Шиков Н. Н., ¹Мова Е. В., ²Шиков Р. Н.¹Донбасский государственный технический университет,²Южный горно-металлургический комплекс

*E-mail: shikovnik2010@mail.ru

ВИРТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ СЕРВИСНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

В статье акцентировано внимание на особенностях диагностирования деятельности сервисной организации и решении задачи оперативного распознавания причин финансовой дестабилизации с использованием платформы виртуальных систем. На модель возложена задача распознавания опережающими темпами негативных явлений, вызванных отклонениями внешних и внутренних факторов от нормативных. Недорогие аппаратно-программные средства диагностики динамических систем можно создать, сочетая работу нейронных сетей по оценке уровня финансовой устойчивости с возможностями регрессионных моделей при распознавании дестабилизирующих факторов. Действенными приемами виртуальной системы, увеличивающими ее быстродействие и точность, являются: 1) установление весового вклада факторов при их отборе для отражения финансового состояния организации; 2) использование результатов решения нелинейных дифференциальных уравнений, описывающих операционную деятельность малого предприятия, для обучения нейросети; 3) безынерционная идентификация дестабилизирующих факторов финансового состояния предприятия.

Ключевые слова: нейросетевая модель, диагностические факторы, вес факторов, производственная функция, регрессионный анализ, виртуальная система.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Несоблюдение интервальных и моментных расчетов по финансовому плану в организации приводит к нарушению платежного баланса и санкционным мероприятиям со стороны контрагентов и, как следствие, инициирует одну из центральных проблем рыночных экономических отношений — управление финансовой устойчивостью. Оперативные показатели, индицирующие негативные тенденции, на реальном объекте получить практически невозможно из-за их конфиденциальности или отсутствия нормативных требований на их подготовку. В современных условиях информационную поддержку по финансовой устойчивости можно получить в результате компьютерных исследований на моделях, которые должны быть адекватны реальному объекту и отражать его динамическую сущность, нелинейности производственных функций и операционные временные запаздывания.

Следует отметить, что каждый дестабилизирующий фактор имеет широкий диапазон колебаний, а также его относительный вес влияния на результативный показатель является тоже варьированной величиной и зависит от ситуации в организации.

Для обеспечения точности и надежности разработчики современных средств оперативной диагностики расширяют диапазон информативности, которую в полной мере могут обеспечить математические модели, входящие, как основной элемент, в виртуальные системы организаций. Очевидна и экономическая эффективность информационных и диагностических систем, которая формируется вследствие сокращения трудовых затрат, прогнозирования и упреждения негативных последствий финансовой дестабилизации организации.

Постановка задачи. *Целью* представленной статьи является создание виртуальной системы, позволяющей диагностировать стадии развивающихся негативных явлений в сложных условиях вариации

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

внешних и внутренних факторов сервисных организаций. Инновационные проекты с широким спектром автоматизации бизнес-процессов являются капиталоемкими и не под силу для приобретения и эксплуатации малыми предприятиями. Поэтому для них актуальными остаются задачи по разработке недорогих, но вместе с тем функциональных проектов, выполнявших диагностические процедуры по основным показателям работы. Необходимость разработки такого вида аппаратно-программных комплексов обусловлена непредсказуемым проявлением не только внешних, но внутренних факторов (текучесть кадров, сезонные колебания спроса на услуги, нерациональная стратегия управления запасами, необоснованная тарифная политика, низкая производительность ремонтных работ ввиду отсутствия профессиональных навыков и пр.) Противоречие при разрешении проблемы качественной и надежной диагностики сервисных организаций состоит в том, что, с одной стороны, разработка диагностической системы, способной опережающими темпами предсказывать негативные тенденции формирования финансовых ресурсов, является востребованной и направлена в первую очередь на распознавание и упреждение возникших проблем в организации, но, с другой стороны, обозначенные проекты и эксплуатация такого рода виртуальных систем потребует значительных инвестиционных вложений.

Цель достигается путем решения следующих *задач*:

– установление относительного веса факторов при их отборе для отражения финансового состояния организации;

– определение и обучение нейросети для решения нелинейных дифференциальных уравнений, представляющих модель операционной деятельности организации;

– использование практически безынерционной идентификации дестабилизирующих факторов финансового состояния предприятия с помощью нейросети и регрессионного анализа.

Методика исследования. Установление уровней финансовой устойчивости проводилось на основе нейросетевого подхода моделирования и системного анализа динамических систем, а распознавание дестабилизирующих факторов осуществлялось с помощью методов прогнозирования и регрессионного анализа.

Изложение материала. Широкую известность в области применения имеют методики вычисления стратегической финансовой устойчивости, согласно которым в расчетных алгоритмах аккумулируются показатели платежеспособности организации с учетом высоколиквидных активов [1]. Авторы другой методики финансовой диагностики в первую очередь решают задачи структурного анализа и оценки влияющих факторов дестабилизации на стратегические планы предприятия. В обеих методиках авторы рекомендуют применять формулы, результаты расчетов по которым подтверждают или отрицают выбор стратегического развития, соответствующего потенциальным возможностям предприятия [2].

Очевидно то, что рассмотренные методики не позволяют оперативно диагностировать стадии развивающихся негативных явлений в организации и использовать результаты для эффективного управления.

Современные методы изучения и исследования многих динамических процессов используют концепцию виртуальных систем. Их основные компоненты, такие как математическая модель, фактические данные реального объекта, а также результаты их взаимодействия широко используются для обучения персонала, управления производством, оптимизации запасов, распознавания экономических ситуаций, прогнозирования событий и пр. Выходными данными такой виртуальной системы могут быть как пороговые, так и непрерывные признаки финансового состояния организации, информирующие о дестабилизирующих явлениях, например, о снижении уровня рентабельности (первый уровень), об отсутствии рентабельности (вто-

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

рой уровень) и, наконец, о превышении затрат над доходами организации (третий уровень). При их возникновении система должна оперативно установить причины финансовой дестабилизации, тем самым упростить выработку управленческих решений и повысить их оперативность.

Сложность процедур получения опережающей информации, способной распознать дестабилизирующие факторы на предприятии, состоит в том, что известные модели, полученные на основе дифференциальных уравнений, работают синхронно с физическими объектами в системе реального времени, а идентифицируемые отклонения в силу ретроспективности обладают слабой информативностью для оперативного управления.

Получение опережающей информации на имитационных моделях можно достичь при использовании нейронных сетей, способных решать дифференциальные урав-

нения в задачах анализа производственной и финансовой деятельности. Для этого на рынке появилось большое количество как универсальных, так и специализированных нейропакетов, реализованных на современных контроллерах.

В представленной работе ставится задача анализа и применения нейросетевого подхода для оценки финансовых ресурсов сервисной организации, как нелинейной динамической системы, в комплексном использовании с ней многофакторных регрессионных моделей для идентификации причин дестабилизации. Структурная схема диагностической системы представлена на рисунке 1.

Как показывает опыт [3, 4], с помощью пакета (Neural Network Toolbox) можно получить решение дифференциальных уравнений практически любой сложности. Характеристика нейросети модели виртуальной системы приведена в таблице 1.

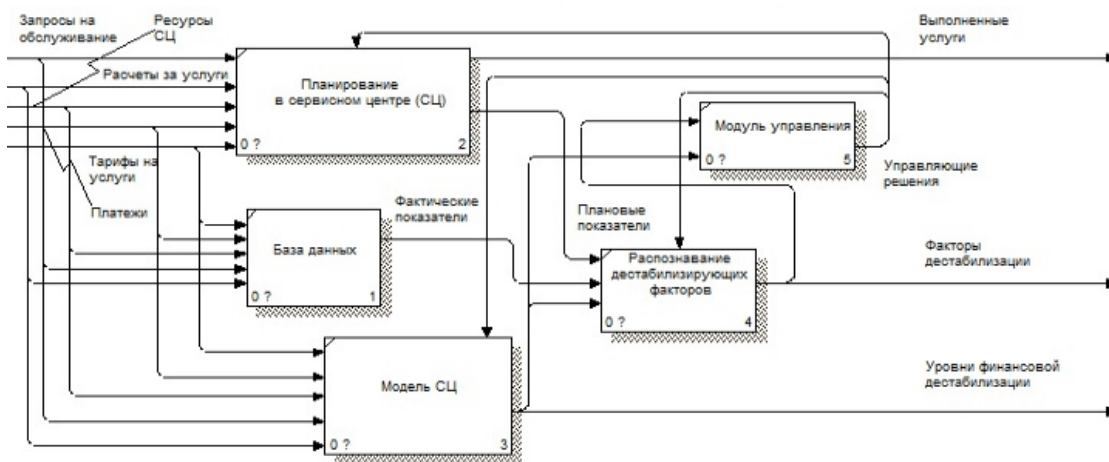


Рисунок 1 — Структурная схема виртуальной системы идентификации дестабилизирующих факторов финансового состояния сервисной организации

Таблица 1

Характеристика нейронной сети

| Структура | Тип | Число нейронов в скрытом слое, шт. | Интервал интегрирования, сут. | Шаг интегрирования, сут. | Коэффициент корреляции/ошибка | Алгоритм обучения |
|------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Трехслойная сеть | Обратного распространения | 18–24 | 1–10 | 0,5 | 0,85/0,01 | Левенбергаи—Марквардта |

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

Объем выборки и структура нейросети определялись путем варьирования нейронов внутреннего слоя и объемов обучающейся выборки. Для получения выборки для обуче-

ния предлагается использовать результаты численного решения системы дифференциальных уравнений (1), описывающих функционирование малых предприятий [5].

$$\left. \begin{aligned} \frac{dK}{dt} &= \left(\sum_{i=1}^n SP_j \cdot Z_j \cdot t \right) \cdot \gamma - K \cdot \alpha \cdot t, \\ \frac{dW}{dt} &= \sum_{j=1}^m \left(Y(L, K, V) - SP_j \right) \cdot q_j \cdot Z_j \cdot t, \\ \frac{d\Phi_\phi}{dt} &= \sum_{i=1}^n SP_j \cdot Z_{j\phi} \cdot t - 3_\phi \cdot L_\phi \cdot t - W(t) \cdot v - \\ &- SP_j \cdot q_j \cdot Z_{j\phi} \cdot t - \sum_{i=1}^n SP_j \cdot Z_{j\phi} \cdot t \cdot \beta_1 - \Phi_\phi \cdot (\beta_2 + (t - \tau)), \\ \frac{d\Phi_n}{dt} &= \sum_{i=1}^n Y(L, K, V) \cdot Z_{jn} \cdot t - 3_n \cdot L_n \cdot t - W(t) \cdot v - \\ &- SP_j \cdot q_j \cdot Z_{jn} \cdot t - \sum_{i=1}^n SP_j \cdot Z_{jn} \cdot t \cdot \beta_1 - \Phi_n \cdot (\beta_2 + (t - \tau)), \end{aligned} \right\} (1)$$

где $Y(K, L, V)$ — производственная функция интенсивности сервисного обслуживания клиентов, количество/сутки;

SP — интенсивность спроса на услуги, количество/сутки;

q — вес замененных элементов в выполненной сервисной услуге;

K — капитал предприятия;

W — величина запасов сервисной организации, руб.;

L — количество специалистов в сервисном центре;

V — средняя величина заказа пополнения ремонтной базы сервисного предприятия;

α — износ оборудования в процессе эксплуатации;

t — время моделирования и τ — период обнуления финансовых ресурсов (выплаты по акциям или премиальные);

Φ — финансовые накопления предприятия (накопленная прибыль);

β_1, β_2 — коэффициенты налогообложения (на добавленную стоимость и прибыль соответственно);

Z — тарифы на услуги сервисной организации;

γ — часть капитала, участвующего в производстве;

3 — почасовая оплата специалистов;

n, ϕ — индексы показателей (плановых и фактических соответственно);

v — банковская ставка по депозиту.

Основным показателем производственной функции (Y) в представленной модели принята величина интенсивности обслуживания клиентов сервисной организацией [6]:

$$Y = 4,5 \cdot L^{0,12} \cdot K^{0,48} \cdot V^{0,39}.$$

Для распознавания дестабилизирующих факторов (шесть) используется статистическая многофакторная регрессионная модель. В ней накопленные финансовые ресурсы ($\bar{\Phi}$) линейно связаны с факторами сервисных услуг (X_i) таблицы 2 следующим соотношением:

$$\bar{\Phi} = \sum_i^6 b_i X_i + \varepsilon, \quad (2)$$

где ε — это ошибки, суммарно отражающие влияние неучтенных факторов сервисных услуг на финансовые ресурсы организации (соответствуют отклонениям ($\bar{\Phi}$) от фактического значения). Условием корректного использования (2) является то, что ε имеет нормальное распределение, а

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

для переменных X отсутствует мультиколлинеарность. Структура сгруппированного материала для анализа многомерной регрессии представлена в таблице 2.

Качественная оценка регрессии в части значимости коэффициентов (b_i) осуществляется с целью предельного приближения (3) к доверяемой зависимости. Коэффициенты b_i отражают влияние, оказываемое соответствующей переменной на среднее значение финансовых ресурсов ($\bar{\Phi}$). Если индикативная переменная, рассчитанная по выражению $T = b_j / s_{b_j}$, имеет T — распределение Стьюдента и ее значение больше предписанного, то вычисленное b_i считается приемлемым для использования.

Здесь $s = \sqrt{\sum(\Phi_i - \bar{\Phi})^2 / \nu}$ — оценка стандартного отклонения (в исследуемой организации составляет 0,06), ν — табличное число степеней свободы.

По результатам обработки данных таблицы 2 для уровня значимости $\alpha = 0,05$ принята гипотеза $H_1: \beta_j \neq 0$, а H_0 была отвергнута, так как $T > T_{таб}$ ($T_{таб}$ — предельное табличное значение). Также для

переменных X была проведена проверка на отсутствие мультиколлинеарности. При ее оценке каждый коэффициент детерминации по переменной превысил единицу, что свидетельствует о ее отсутствии.

Предлагаемая виртуальная система диагностики финансового состояния работает следующим образом. В реальном масштабе времени обученная модель нейронной сети (блок 3) отслеживает уровни финансового состояния. И в случае наступления порогового уровня дестабилизации на выходе нейросети формируется сигнал, который запускает на основе регрессионной модели (блоки 4 и 6) процедуру поиска дестабилизирующих факторов. В противном случае система подтверждает стабильный режим.

Процесс идентификации дестабилизирующих факторов (блок 6, рис. 1) наступает после каждой регистрации одного из трех уровней финансовой дестабилизации: снижение финансовых ресурсов на 5 % относительно плановых; вариация финансовых ресурсов относительно точки безубыточности в пределах 2 %; затраты превышают более чем на 2 % доходы.

Таблица 2

Факторы дестабилизации финансового состояния сервисной организации

| № организации | Штат (X_1), чел. | Спрос (X_2), услуга/мес | Запасы (X_3), тыс. руб. | Заплаты на одну услугу (X_4), тыс. руб. | Производительность (X_5), услуга/мес | Тарифы на услуги (X_6), руб/услуга | Накопленные финансовые ресурсы (Y), тыс. руб/мес |
|---------------------|----------------------|---|-----------------------------|---|--|--|--|
| 1 | 5,00 | 184,8 | 700,00 | 2000,00 | 211,2 | 2500,00 | 300,00 |
| 2 | 7,00 | 268,8 | 900,00 | 2100,00 | 280,8 | 2300,00 | 330,00 |
| 3 | 8,00 | 277,2 | 1000,00 | 2300,00 | 291,6 | 2350,00 | 500,00 |
| 4 | 12,00 | 420 | 1500,00 | 2400,00 | 420,48 | 2100,00 | 800,00 |
| · | · | · | · | · | · | · | · |
| 70 | 11,00 | 400 | 1300,00 | 2050,00 | 405,00 | 2000,00 | 470,00 |
| Уравнение регрессии | | $\bar{\Phi} = 341,8 \cdot X_1 + 26,2 \cdot X_2 + 0,19 \cdot X_3 - 1,1 \cdot X_4 - 31,4 \cdot X_5 + 2,9 \cdot X_6$ (3) | | | | | |

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

Изменение коэффициента финансового состояния, формируемое по результатам сравнения фактических и плановых показателей двух регрессионных зависимостей, может быть вызвано одним или несколькими факторами уравнения (2) и определяется по выражению:

$$(\Phi_{\phi} - \Phi_n) / \Phi_n = \sum_i^p \beta_i ((X_{\phi i} - X_{ni}) / X_{ni}).$$

Каждое фактическое слагаемое, вычисленное по распознанной дестабилизирующей ситуации (один из критических вариантов строки таблицы 1) сравнивается с аналогичными слагаемыми плановых показателей, затем вычисленные отклонения правой части слагаемых ранжируются и на их основе индицируются наиболее весомые, свидетельствующие о причине дестабилизации. Лицо, принимающее решение, формирует меры по стабилизации производственно-экономической ситуации исходя из потенциальных возможностей организации (блок 5). Таким образом, не получая конечных результатов с физического объекта, виртуальная система опережающими темпами (на время переходных процессов) предсказывает негативные последствия финансового состояния, благодаря практически безынерционному решению системы

дифференциальных уравнений с помощью нейронной сети. Физический объект и база данных (блок 1 и 2) в виртуальной системе обеспечивают расчет и коррекцию плановых показателей регрессионной модели при установлении причин дестабилизации.

Выводы:

1. Кроме преимуществ в форме оценки уровней дестабилизации финансового состояния, вида дестабилизирующих факторов и величины веса воздействия, комплексная процедура диагностики опережает развитие негативной ситуации в системе реального времени.

2. В предлагаемой виртуальной системе происходит автоматическая коррекция коэффициентов нормативной регрессии для устойчивого режима организации каждый раз в случае обнаружения дестабилизирующего уровня финансовой неустойчивости, что обеспечивает адаптацию системы к изменению штатных показателей работы сервисной организации.

Последующие исследования могут быть направлены на выбор структурных элементов многофункциональных и доступных контроллеров, а также на усовершенствование программного обеспечения, расширяющего спектр дестабилизирующих факторов работы сервисной организации.

Список источников

1. Кротова Н. В., Нетесова С. И. Финансовая устойчивость компании в контексте оценки ее финансово-хозяйственной деятельности // *Молодая наука Сибири* : электрон. науч. журн. 2021. № 1 (11). С. 656–661. EDN KRVLXC
2. Давлетишина С. М., Мендель О. П. Оценка финансового состояния организации (предприятия) : учебное пособие / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа : УГАТУ, 2021. URL: https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2021-153.pdf.
3. Горбатков С. А., Фархиева С. А. Нейросетевая модель диагностики стадий развивающегося банкротства корпораций // *Финансы: теория и практика*. 2018. № 22 (3). С. 112–123. DOI: 10.26794/2587-5671-2018-22-3-112-123
4. Ростовцев В. С. Искусственные нейронные сети : учебник. Киров : Изд-во ВятГУ, 2014. 208 с.
5. Шиков Н. Н., Бойко Н. З., Шиков Р. Н. Вероятностный признак финансовой дестабилизации предприятий сервисного обслуживания // *Экономический вестник ДонГТУ*. 2023. № 15. С. 60–67.
6. Шиков Н. Н., Припотень В. Ю. Оперативная финансовая устойчивость аптечных сетей // *Торговля и рынок*. 2018. Т. 2. № 3 (47). С. 104–114.

© Шиков Н. Н., Мова Е. В.

© Шиков Р. Н.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

Рекомендована к печати к.э.н., доц., деканом факультета ИТиАПП ДонГТУ Дьячковой В. В., д.э.н., доц., зам. директора по коммерческой деятельности ООО «НПП „Фолиант“» Припотнем В. Ю.

Статья поступила в редакцию 12.09.2024.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Шиков Николай Николаевич, канд. техн. наук, доцент каф. автоматизированного управления и инновационных технологий
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия, e-mail: shikovnik2010@mail.ru

Мова Елена Владимировна, канд. экон. наук, доцент каф. автоматизированного управления и инновационных технологий
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Шиков Роман Николаевич, инженер электростанции комбинированного цикла
Южный горно-металлургический комплекс,
г. Алчевск, Россия

*Shykov N. N., Mova E. V., Shykov R. N. (Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia, *e-mail: shikovnik2010@mail.ru)

VIRTUAL ON-LINE DIAGNOSTICS SYSTEM OF SERVICE ORGANIZATIONS

The article concentrates on peculiarities of diagnosing the activity of service organizations and resolving the task of operational recognition of causes for financial destabilization through virtual systems platforms. The model is charged with the task of recognition negative phenomena caused by deviations of external and internal factors from the normative ones. Inexpensive hardware and software tools for diagnosing dynamic systems can be created by combining the work of neural networks in assessing levels of financial stability with the capabilities of regression models in detecting destabilizing factors. The effective methods of virtual system that increase its rate and accuracy, are: 1) determining the weight contribution of factors at their selection to reflect the financial state of organization; 2) using the results of solving non-linear differential equations describing the operational activity of a small enterprise to train the neural network; 3) inertia-free identification of destabilizing factors of the financial state of the enterprise.

Key words: neural network model, diagnostic factors, weight of factors, production function, regression analysis, virtual system.

References

1. Kretova N. V. Financial stability of the company in the context of assessment of its financial and economic activity [Finansovaya ustojchivost' kompanii v kontekste ocenki ee finansovo-hozyajstvennoj deyatel'nosti]. *Young science of Siberia : Electronic scientific journal*. 2021. No. 1 (11). P. 656–661. EDN KRVLXC.
2. Davletshina S. M., Mendel O. P. Evaluation of the financial condition of the organization (enterprise): study letter [Ocenka finansovogo sostoyaniya organizacii (predpriyatiya) : uchebnoe posobie]. Ufa State Aviation Technical University. Ufa : USATU, 2021. URL: https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2021-153.pdf. (rus)
3. Gorbatkov S. A., Farhieva S. A. A neural network model for diagnosing the stages of developing corporate bankruptcy [Nejrosetevaya model' diagnostiki stadij razvivayushchegosya bankrotstva korporacij]. *Finansy: teoriya i praktika*. 2018. No. 22 (3). С. 112–123. DOI: 10.26794/2587-5671-2018-22-3-112-123

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

4. Rostovtsev V. S. *Artificial neural networks : textbook [Iskusstvennyye nejronnyye seti : uchebnik]*. Kirov : Izd-vo VyatGU. 2014. 208 p. (rus)

5. Shikov N. N., Boiko N. Z., Shikov R. N. *Probabilistic sign of financial destabilization of service enterprises [Veroyatnostnyj priznak finansovoj destabilizacii predpriyatij servisnogo obsluzhivaniya]*. *Economic bulletin of DonSTU*. 2023. No. 15. Pp. 60–67. (rus)

6. Shikov N. N., Pripoten V. Yu. *Operational financial sustainability of pharmacy chains [Operativnaya finansovaya ustojchivost' aptechnyh setej]*. *Torgovlya i rynek*. 2018. Vol. 2. No. 3 (47). Pp. 104–114. (rus)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Shykov Nikolay Nikolaievich, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Automated Control and Innovation Technologies
Donbass State Technical University
Alchevsk, Russia,
e-mail: shikovnik2010@mail.ru

Mova Elena Vladimirovna, PhD in Economics, Assistant Professor of the Department of Automated Control and Innovation Technologies
Donbass State Technical University
Alchevsk, Russia

Shykov Roman Nikolaievich, Engineer of a combined-cycle power plant
Southern Mining and Metallurgical Complex
Alchevsk, Russia