

ISSN 2523-4714
УДК 338.27:330.4

В. П. Ельсуков

Институт бизнеса БГУ, Минск, Беларусь

ВЛИЯНИЕ РОБОТИЗАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ И СТРУКТУРУ ПРЕДПРИЯТИЯ: ОЦЕНКИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

На основе линейной модели предприятия рассматриваются сценарии роботизации производственных процессов. Определяется эффективность, риски инвестирования, оценивается изменение структуры компании в результате роботизации. Для оценки эффективности инвестирования в роботизацию производства предлагается показатель общей производительности, объединяющий в себе данные производительности труда и капитала.

Ключевые слова: линейная модель предприятия, показатели эффективности, общая производительность, производительность капитала, производительность труда, роботизация

Для цитирования: Ельсуков, В. П. Влияние роботизации на эффективность и структуру предприятия: оценки на основе моделирования / В. П. Ельсуков // Бизнес. Инновации. Экономика : сб. науч. ст. / Ин-т бизнеса БГУ. – Минск, 2022. – Вып. 6. – С. 25–32.

U. Yelsukou

School of Business of BSU, Minsk, Belarus

IMPACT OF ROBOTIZATION ON THE EFFICIENCY AND STRUCTURE OF THE ENTERPRISE: SIMULATION-BASED ESTIMATES

Based on the linear model of the enterprise, scenarios of robotization of production processes are modeled. Efficiency, investment risks are determined, the change in the structure of the company as a result of robotization is assessed. To assess the effectiveness of investing in robotization of production, an indicator of overall productivity is proposed, which combines indicators of labor productivity and capital productivity.

Keywords: linear model of the enterprise, performance indicators, overall productivity, capital productivity, labor productivity, robotization

For citation: Yelsukou U. Impact of robotization on the efficiency and structure of the enterprise: simulation-based estimates. *Biznes. Innovatsii. Ekonomika = Business. Innovations. Economics*. Minsk, 2022, iss. 6, pp. 25–32 (in Russian).

Введение

Автоматизация и роботизация производственных процессов являются важнейшим инструментом повышения производительности. Их внедрение ведет к структурным изменениям на предприятии. Изменение структуры оказывает влияние на экономические показатели.

В последние годы и в мировой, и в национальной экономике наблюдается снижение темпов роста производительности как основы развития. Одним из направлений устранения этой тенденции выступает внедрение инноваций, основанных на роботизации, информационных технологиях. Существуют различные точки зрения о направлениях роботизации производственных процессов, ее глубине и пределе, даются противоречивые оценки преимущественно экспертного характера об эффективности инвестирования в новые технологии, их влиянии на коммерческую деятельность предприятия. Поэтому представляется важным и практически значимым оценить

возможные структурные изменения на уровне компании при реализации мероприятий в области роботизации, уточнить их влияние на результативность деятельности.

Методика проведения исследований

Для целей исследования структура предприятия рассматривается как определенное число элементов, находящихся во взаимодействии между собой, отображающих составляющие коммерческой деятельности, т. е. она отождествляется с понятием модели, является цифровым отображением модели компании за определенные дискретные периоды времени. Это позволяет использовать такую модель как инструмент оценки структурных изменений, эффективности внедрения инновационных мероприятий. В качестве такого инструмента была определена линейная экономическая модель предприятия, отображающая в динамике с определенной дискретностью традиционно используемые в анализе параметры. Объединяет параметры в модель также известная алгоритмика преимущественно линейно-функциональной направленности [1]. Взаимодействие составляющих модели представляет современную интерпретацию формирования прибавочной стоимости на уровне предприятия. С точки зрения детализации и изменения масштаба модель является открытой: для различных целей анализа и управления применяются модели разной степени охвата и детализации. Модель с высокой степенью детализации кладется в основу разработки современных автоматизированных систем управления предприятием.

Для целей исследования принималась модель, используемая как инструмент для принятия стратегических решений – с ограниченной степенью детализации как по показателям, так и по времени. В частности, по параметру времени оценка динамики процесса осуществлялась с дискретностью один год, что согласно нашим исследованиям является достаточным. Задавая в линейную модель сценарии роботизации, можно оценить влияние их возможной реализации на структуру и эффективность инвестирования.

Результаты и их обсуждение

Для оценки эффективности реализации мероприятий в модель дополнительно был введен показатель общей производительности, который позволяет одновременно достаточно объективно учитывать уровень производительности труда и производительности капитала (фондоотдачу). Проблема оценки производительности труда и капитала, выработки альтернативных методик, увязки динамики показателей с динамикой средней заработной платы является перманентно дискуссионной. В частности, посредством индексного метода нами было предложено объединить их в единый индекс для более обоснованной оценки динамики на макроэкономическом уровне [2]. Однако индекс не дает полной возможности рассчитать общую производительность дискретно за конкретный период, соответственно определить возможные абсолютные изменения при реализации мероприятий инновационной направленности, сопоставить величину показателя по нескольким компаниям. Предлагается следующая методика расчета показателя общей производительности (P_O):

$$P_O = V_p / (A + ЗП + ПР_{\text{ЧП}}), \quad (1)$$

где V_p – выручка от реализации продукции за период без учета налога на добавленную стоимость (НДС); A – амортизационные отчисления за период по основным средствам и нематериальным активам; $ЗП$ – заработная плата персонала (промышленно-производственного персонала), включая премии и другие выплаты из фонда заработной платы; $ПР_{\text{ЧП}}$ – премии и другие стимулирующие выплаты из чистой прибыли (фонда потребления) персоналу.

Взамен показателя выручки от реализации может использоваться добавленная стоимость.

Обоснованием предлагаемой методики определения общей производительности на уровне предприятия является следующее:

– амортизация показывает, какая часть основного капитала участвует в генерации выручки от реализации за период. Оценка срока физического износа основного капитала на основе нормы амортизации не является абсолютно точной: присутствуют случаи, когда до завершения полного начисления амортизации оборудование морально устаревает и требует преждевременной замены; или наоборот, оборудование работает определенный период после завершения начисления амортизации. Однако другого инструментария отображения участия основного капитала в современной модели формирования прибавочной стоимости на уровне предприятия, накопления ресурсов для его обновления попросту нет;

– необходимость учета в расчетах амортизации по нематериальным активам вызывается динамично растущей долей этой части основного капитала, соответствующим увеличением влияния на показатели эффективности;

– исследованием установлено, что использование суммы заработной платы и выплат стимулирующего характера из фонда потребления, в отличие от трудовых измерителей (нормо-часы, численность работников) более точно характеризует затраты труда. Через заработную плату можно учитывать сложность труда, в то время как трудовые показатели не отражают это в полной мере. В то же время применение стоимостного измерителя затрат труда позволяет привести его к сопоставимому виду с «затратами основного капитала» (амортизация) за период при расчете показателя общей производительности;

– использование предлагаемого показателя для оценок представляется более корректным: вряд ли можно говорить о терминах «рост производительности труда посредством применения роботов», «производительность труда роботов», так как возникает вопрос – производительность чего будет в условиях полностью роботизированного производства.

Сценарии автоматизации и роботизации разрабатывались на основе: открытой информации по рассматриваемой проблеме; экспертных оценок; результатов анализа коммерческой деятельности, практики автоматизации и роботизации по промышленным предприятиям крупносерийного и массового типа производства, где осуществлялось консалтинговое сопровождение процесса выработки стратегии. Базовая факторологическая модель формировалась на основе информации по указанной группе предприятий путем разработки усредненной модели на два года. Такой подход обосновывается следующим: оперировать публично статистическими и иными данными по конкретному предприятию без согласия собственника нормативно-правовыми актами не допускается; исследовательскими задачами предполагается оценить структурные изменения и эффективность инновационных мер, что можно осуществить и посредством обобщенной модели; применение в качестве инструментария линейной модели позволяет в отличие от использования вероятностных моделей не придерживаться требований по формированию выборки.

Основными базовыми параметрами обобщенной факторологической модели за год являются: выручка от реализации с НДС 93 063 долл. США; производительность труда по выручке от реализации без НДС 67 965 долл. США, по добавленной стоимости – 42 411 долл. США; численность персонала основной деятельности 1 204 чел., в том числе основные рабочие 792 чел.; рентабельность реализации 28,88 %; рентабельность продаж 22,41 %; уровень безубыточности 63,12 %.

На основе практики роботизации моделировался следующий базовый сценарий. Вводятся в эксплуатацию три программируемых промышленных робота-манипулятора. Инвестиционный период, включающий этапы разработки технического задания, изготовления, поставки, монтажа, испытания, отладки, сдачи оборудования в эксплуатацию равняется 6 месяцам. Общие капитальные инвестиционные затраты с НДС, включая стоимость роботов, дополнительной оснастки и оборудования, программного обеспечения, составляют 256,2 тыс. долл. США. Электрическая мощность оборудования определялась согласно техническим характеристикам, коэффициент эксплуатации аналогично, но с учетом необходимости выполнения автоматизируемых операций равномерно, как и до внедрения роботов, чтобы обеспечить их совместимость по ритму с другими технологическими операциями и критически не увеличивать объемы

незавершенного производства. Соответственно корректировка программы производства в сторону увеличения не производилась; мощность роботов, исходя из технических характеристик, использовалась на 65 %. Моделирование затрат на планово-предупредительный ремонт (ППР) осуществлялось с учетом практики выполнения указанных работ на станках автоматах и экспертных оценок. При определении нормы амортизации учитывались соответствующие нормативные положения¹. Внедрение одного робота высвобождает трех основных рабочих; при высвобождении рабочим выплачивается выходное пособие в размере трехмесячной средней заработной платы. Одновременно для обслуживания трех роботов дополнительно требуется один высококвалифицированный рабочий.

Эффективность инвестирования определялась согласно существующей методологии путем сопоставления параметров модели предприятия с учетом и без учета реализации изложенного сценария. Параметры базового сценария изменялись для определения границ эффективного инвестирования.

Результаты моделирования по числу высвобождаемых одним роботом рабочих представлены в табл. 1. При базовом варианте (высвобождается три человека) простой срок окупаемости инвестирования во внедрение роботов в производственный процесс составляет 2,92 года, динамический срок окупаемости при ставке дисконтирования 9,25 % – 3,17 года. Поскольку моделируется инвестирование за счет средств компании, ставка дисконтирования определялась как ставка рефинансирования Национального банка на соответствующий период. При высвобождении роботом двух человек показатели окупаемости не выходят за допустимые в практике инвестирования инновационных проектов пределы. При увеличении числа высвобождаемых роботом рабочих окупаемость существенно уменьшается. Если исходить из нормативного срока физической эксплуатации робота в 10,5 лет², то эти параметры окупаемости также можно считать приемлемыми.

Таблица 1

Зависимость показателей окупаемости от числа высвобождаемых роботом рабочих

Table 1

Dependence of payback indicators on the number of workers released by the robot

Показатели окупаемости	Число высвобождаемых одним роботом рабочих, чел.				
	2	3	4	5	6
Простой срок окупаемости	3,92	2,92	2,50	2,33	2,25
Динамический срок окупаемости	4,42	3,17	2,75	2,50	2,33

И с т о ч н и к: разработано автором.

S o u r c e: author's developed.

Были проведены оценки влияния суммы инвестирования на показатели эффективности, которые представлены в табл. 2. Результаты моделирования свидетельствуют, что по фактору инвестирования имеется достаточный запас устойчивости при внедрении в производственный процесс роботов.

Была также проведена оценка влияния на показатели эффективности электрической мощности роботов, затрат на ППР, некоторых других факторов. Данное влияние факторов оказалось менее существенным, чем влияние факторов объема инвестирования и числа высвобождаемых рабочих.

¹ Об установлении нормативных сроков службы основных средств и признании утратившими силу некоторых постановлений Министерства экономики Республики Беларусь : постановление М-ва экономики Респ. Беларусь, 30 сент. 2011 г., № 161. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=W21124359> (дата обращения: 07.02.2022).

² Там же.

Таблица 2

Зависимость показателей окупаемости от суммы инвестирования на внедрение роботов

Table 2

Dependence of payback indicators on the amount of investment in the implementation of robots

Показатели окупаемости	Изменение суммы инвестирования от по отношению к базовой величине, %					
	–15	–30	–45	+15	+30	+45
Простой срок окупаемости	2,58	2,33	2,00	3,25	3,67	4,00
Динамический срок окупаемости	2,85	2,42	2,08	3,67	4,08	4,58

И с т о ч н и к: разработано автором.

S o u r c e: author's developed.

Для оценки влияния массовой роботизации на показатели производительности, экономическую структуру предприятия моделировался сценарий, когда более 82 % основных рабочих (категории рабочих мест, которые на рассматриваемый период могли быть роботизированы), в том числе дополнительно принимаемых на работу согласно стратегическому плану развития, заменялись роботами: основная замена производилась в течение двух лет; в последующие годы заменялись дополнительно привлекаемые согласно плану рабочие. Всего за моделируемый период 283 роботами замещалось 849 основных рабочих; одновременно дополнительно привлекались для обслуживания роботизированного комплекса 94 работника. Остальные параметры моделирования, такие как инвестиционные затраты на внедрение одного робота, его электрическая мощность, нормативы затрат на ППР и др., оставались без изменения. Рост объемов реализации против стратегического плана также не моделировался.

В процессе изучения параметров моделирования оценена степень влияния массовой роботизации на показатели производительности (табл. 3). Производительность труда определялась как отношение выручки от реализации без НДС (добавленной стоимости) к численности персонала основной деятельности, производительность капитала – как отношение выручки от реализации без НДС (добавленной стоимости) к сумме остаточной стоимости основных средств и нематериальных активов, общая производительность – согласно формуле (1). Изменение показателей в модели рассматривалось динамически по годам за 10 лет, в том числе два года – факторологические параметры, восемь лет – прогнозируемые параметры.

Таблица 3

Оценка производительности по сравниваемым вариантам моделирования

Table 3

Performance evaluation for compared simulation options

Показатели	Период	Единица измерения	Варианты моделирования		
			Без роботов	3 робота	283 робота
Производительность труда по выручке от реализации	1-й год	Выручка на одного работника	67 965	67 965	67 965
	10-й год		92 907	93 383	178 881
Темпы изменения	10 лет	%	136,70	137,40	263,20
Производительность капитала по выручке от реализации	1-й год	Выручка на рубль ОСиНА	0,73	0,73	0,73
	10-й год		3,44	3,43	2,95
Темпы изменения	10 лет	%	468,25	467,71	402,48
Общая производительность по выручке от реализации	1-й год	Согласно формуле (1)	2,76	2,76	2,76
	10-й год		2,74	2,75	3,98
Темпы изменения	10 лет	%	99,13	99,47	144,12

И с т о ч н и к: разработано автором.

S o u r c e: author's developed.

Обращает внимание большое расхождение динамики показателей производительности по выручке от реализации по всем трем сценариям. Аналогично наблюдается и при определении показателей по добавленной стоимости. Полагаем, что наиболее объективным показателем оценки для условий роботизации будет общая производительность.

Для сценария массовой роботизации произведено сопоставление темпов изменения показателей производительности и средней заработной платы с учетом выплат из фонда потребления (рис. 1).

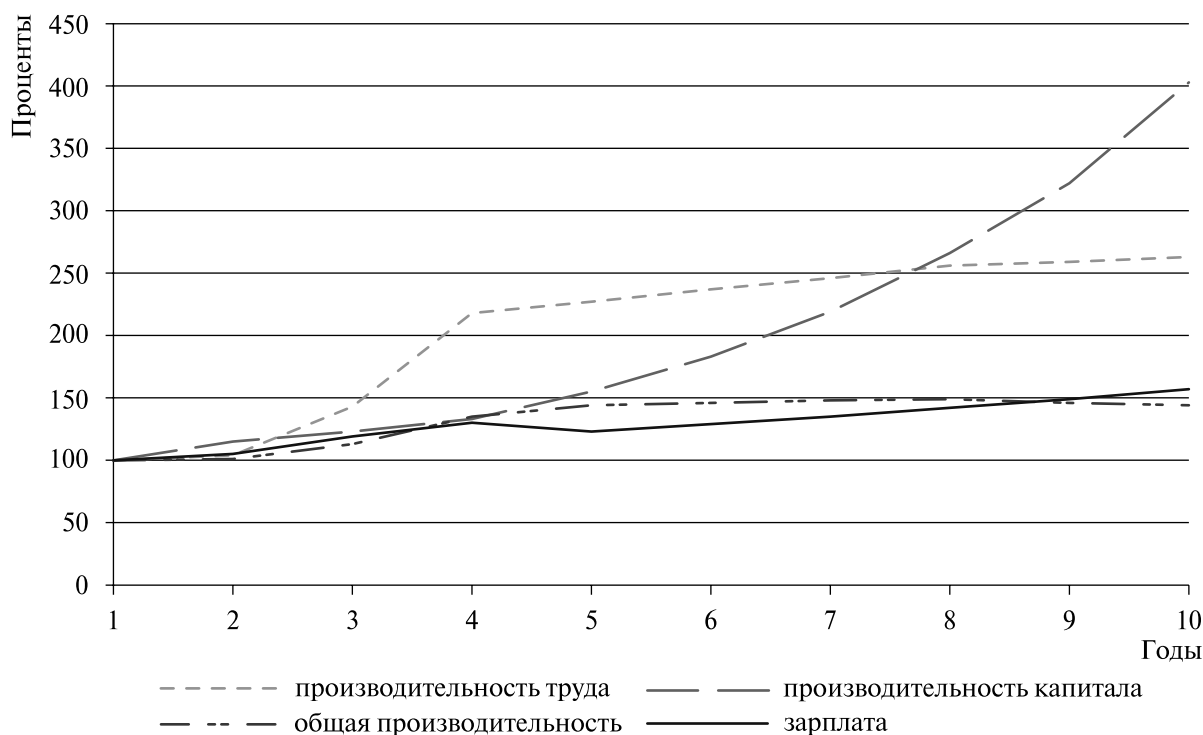


Рис. 1. Сопоставление темпов изменения показателей производительности и средней заработной платы с учетом выплат из фонда потребления нарастающим итогом по варианту массовой роботизации

Источники: разработано автором.

Fig. 1. Comparison of the rates of change in productivity indicators and average wages, taking into account payments from the consumption fund on a cumulative total for the mass robotization option

Source: author's developed.

Темпы роста производительности труда и производительности капитала существенно превышают темпы роста средней заработной платы, темпы роста общей производительности не превышают. Моделирование показывает, что для последнего показателя темпы уравниваются при снижении уровня оплаты труда на 13 %. Большое расхождение темпов изменения анализируемых показателей нарастающим итогом позволяет сделать вывод о недостаточной обоснованности следования на практике требованию соблюдения предприятиями превышения темпов роста производительности труда над темпами роста средней заработной платы.

При массовой роботизации по принятому сценарию существенно повышается эффективность операционной деятельности (рис. 2). Рентабельность реализации по годам повышается в 1,6–1,8 раза, что ведет к росту массы чистой прибыли. При одновременном возрастании величины амортизации ускоренно повышается сумма чистого дохода, соответственно улучшаются показатели финансовой устойчивости, возможности для стратегического развития за счет собственных средств: чистый доход в своем объеме увеличивается на 41 %.

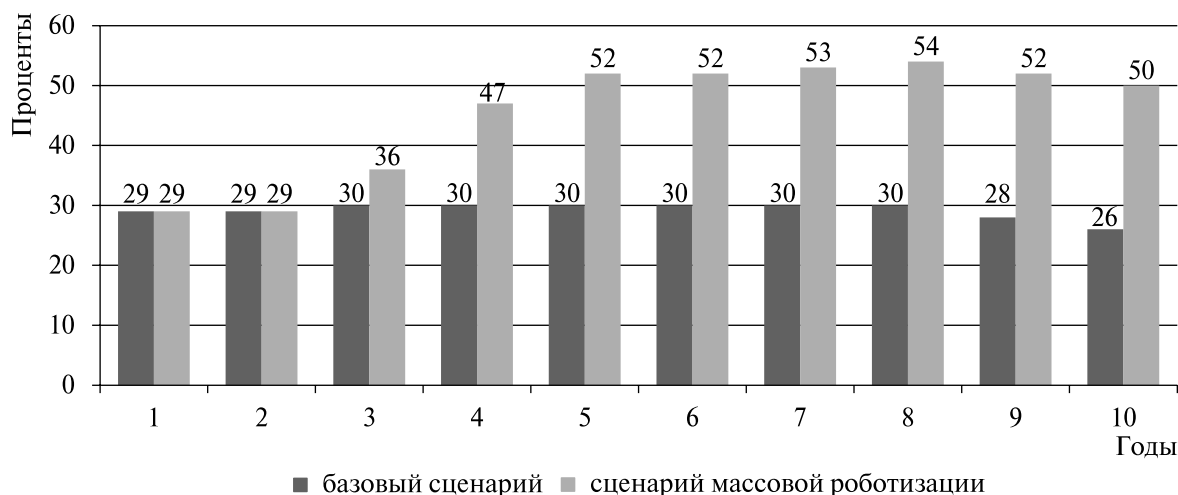


Рис. 2. Рентабельность реализации по вариантам моделирования

Источники: разработано автором.

Fig. 2. Profitability of implementation by modeling options

Source: author's developed.

В структуре себестоимости также происходят кардинальные изменения, важнейшими из которых являются следующие: доля расходов на оплату труда с начислениями на нее уменьшается с 37,2 до 26,3 %, амортизации – увеличивается с 13,7 до 17,2 %; условно-переменные расходы уменьшаются с 52,3 до 48 %, что в первую очередь связано с сокращением числа рабочих-сдельщиков.

Выводы

При надлежащем организационном сопровождении процесса инвестирования в роботизацию обеспечивает быструю окупаемость. Моделирование показывает, что даже при существенном ухудшении базовых условий роботизации обеспечивается приемлемая эффективность инвестирования. В то же время локальная роботизация отдельных технологических процессов оказывает незначительное влияние на экономические показатели предприятия. «Прорывной» эффект достигается при массовой роботизации: существенно улучшаются показатели производительности; происходят кардинальные изменения в структуре себестоимости выпускаемой продукции в сторону увеличения доли амортизации, уменьшения расходов на оплату труда; значительно увеличивается доходность операционной деятельности. Если обеспечивается сбыт планируемой к производству продукции, наиболее эффективным будет создание «с нуля» полностью роботизированного комплекса: экономятся инвестиционные ресурсы вследствие строительства более дешевого производственного корпуса, реализации комплексных решений, которые невозможно осуществить при «точечной» роботизации производства; снижается себестоимость производства; представляется возможность обеспечить синхронизацию работы роботов в потоке и тем самым повысить загрузку их мощностей. Очевидно, что в этом случае все в большей степени будут использоваться устройства более высокого технологического уровня – адаптивные и интеллектуальные роботы.

Роботизация ведет к росту безработицы. На период поиска новой работы (переобучения) человеку выплачивается пособие по безработице, которое в настоящее время по своей сумме не является обременительным для государства. Гораздо более значимых вложений требует создание за счет бюджетных средств дополнительных не роботизированных рабочих мест. Как показали моделирующие оценки, такие средства для создания рабочих мест частично могут представляться предприятиями, осуществляющими роботизацию, с отнесением их на операционные издержки без критического снижения уровня доходности. В настоящее время в технологически развитых

странах посредством проведения социальных экспериментов изучаются альтернативные пути решения указанной проблемы: в частности, добровольцам представляется на длительный период пособие в размере средней заработной платы без обязательств с их стороны по обязательному трудоустройству; реализуются программы развития инклюзивного бизнеса. В любом случае такая работа должна проводиться при самом активном участии государства.

Выявленное расхождение в оценках темпов изменения производительности по рассматриваемой методологии позволяет сделать вывод о целесообразности уточнения методик расчета экономических индикаторов деятельности предприятия с учетом научно-технического прогресса, изменения макроэкономической среды ведения бизнеса. Целесообразно отказаться от директивной практики соблюдения превышения темпов роста производительности труда над темпами роста средней заработной платы. Представляется, что для обеспечения макроэкономической сбалансированности имеются другие, более эффективные институциональные инструменты, такие как стимулирование увеличения числа операторов различных сегментов рынка, снижение инфраструктурных издержек на бизнес, развитие фондового рынка, стимулирование граждан к накоплению в различных формах.

Список использованных источников

1. *Ельсуков, В. П.* Бизнес-планирование (с электронным приложением) : пособие / В. П. Ельсуков. — Минск : Ин-т бизнеса БГУ, 2019. — 243 с.
2. *Ельсуков, В. П.* Оценка уровня конкурентоспособности на основе интегрального индекса / В. П. Ельсуков // *Новости науки и технологий.* — 2016. — № 1 (36). — С. 42–51.

References

1. El'sukov V. P. Business planning (with electronic application). Minsk, 2019. 243 p. (in Russian).
2. El'sukov V. P. Assessment of the level of competitiveness based on the integral index. *Novosti nauki i tekhnologii = News of Science and Technology*, 2016, no. 1 (36), pp. 42–51 (in Russian).

Информация об авторе

Ельсуков Владимир Петрович — кандидат экономических наук, доцент; доцент кафедры бизнес-администрирования, Институт бизнеса БГУ, e-mail: econows51@mail.ru

Information about the author

Yelsukou U. — PhD in Economic sciences, Associate Professor; associate professor at the Department of business administration, School of Business of BSU, e-mail: econows51@mail.ru

Статья поступила в редколлегию 21.02.2022

Received by editorial board 21.02.2022