

## РАЗРАБОТКА КАЛЕНДАРНО-ПЛАНОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБОРУДОВАНИЯ

Статья посвящена проблеме обоснования и регламентации календарно-плановых производственных показателей. Оценка стоимости жизненного цикла оборудования на этапе инвестирования в его приобретение и сдачу в эксплуатацию позволит принимать решения о сроке полезного использования, о показателях производственной мощности и достигнутом уровне ее освоения, о допустимых величинах простоя оборудования, целесообразности работ по его обслуживанию и других показателях, связанных с использованием производственного оборудования.

**Ключевые слова:** жизненный цикл оборудования, календарно-плановые нормы и показатели, производственная мощность, автоматизация производственного планирования, организационные простои, срок эффективного использования, интенсивная нагрузка, производственный потенциал.

**Введение.** Развитие концепции цифровизации информационных потоков для нужд производственного планирования и учета в условиях создания и адаптации современных интегрированных систем автоматизированного управления предполагает формирование набора актуальных норм и индикаторов эффективного производства. Система таких показателей должна отражать как целеполагание организации и планирования производства, так и результат по данным производственного учета. Кроме того, эти показатели должны обеспечить преемственность стратегического, текущего и оперативно-производственного планирования. Данная система индикаторов должна быть снабжена прогрессивными календарно-плановыми нормами использования материально-технических ресурсов и отражать причинно-следственные связи технико-экономических показателей производственного предприятия.

**Постановка задачи исследования.** Календарный график эксплуатации оборудования формируется на основе показателей срока эксплуатации оборудования, частоты и длительности текущих и профилактических работ, эффективного фонда работы оборудования для нужд текущего и оперативно-производственного планирования. Эти же календарно-плановые показатели привлекаются и для цели объемного планирования и формирования производственного бюджета.

Другим важнейшим планово-нормативным показателем интенсивной нагрузки оборудования является показатель производственной мощности оборудования, который используется как для планирования объема выпуска продукции и ее планово-учетных единиц, так и для экономической оценки эффективности производства.

Среди функций MRP II Standard System рассматривается функция контроля входа/выхода системы, т. е. контроль производственных мощностей [1, 2]. Однако строгого алгоритма расчета и учета производственной мощности не существует, как не существует строгой терминологии в отношении данного критерия управления производством, в результате чего возникает понятие максимальной и действительной производственной мощности. Актуальность данного показателя невысока в силу ограниченности его единообразного применения в текущем агрегатном и оперативном детализированном планировании производства. А поскольку стратегическое планирование не входит в задачи, решаемые системой MRP II, то фактором планирования производственного потенциала этот показатель и вовсе не является.

Таким образом, слабо прослеживается вход/выход системы с использованием данного показателя, поскольку вход должен обеспечиваться определенным уровнем стратегического производственного потенциала, измерителем которого

будет выступать показатель производственной мощности, а выход — финансовым результатом от продажи производственной мощности, как носителя рентабельности активов производственного назначения, а значит, операционной деятельности предприятия. Только в этом случае можно говорить о создании гибкой интегрированной ERP-системы управления производственным предприятием. «ERP-система (англ. Enterprise Resource Planning System — система планирования ресурсов предприятия) — корпоративная информационная система, предназначенная для автоматизации учета и управления» [3–5].

Решение данной задачи видится в создании сквозной модели управления производством на всех этапах жизненного цикла постоянных активов производственного назначения по всем стадиям производственного планирования с использованием норматива производственной мощности. Это обуславливает потребность регламентации управления по нормам мощности и поддержание их прогрессивности в части соответствия организационно-техническим условиям эксплуатации постоянных производственных активов — оборудования. При этом должна обеспечиваться сопряженность производственных процессов при формировании детализированных планов с применением инструментов оптимизационного характера [6].

Поскольку решение большинства задач организации производства сводится к технико-экономической оценке эффективного использования технических ресурсов предприятия, в работе рекомендовано привлекать модель оценки стоимости жизненного цикла производственного оборудования. Это необходимо для обеспечения сопоставимости показателей потерь и преимуществ при эксплуатации оборудования.

**Цель исследования** — разработать механизм формирования актуальных календарно-плановых показателей на основе преемственности стратегических и текущих планов с использованием сквозной модели жизненного цикла производственного оборудования.

**Теория и оценка современного состояния по тематике исследования.** Модель жизненного цикла продукта (Life cycle costing (LCC)) изложена в серии стандартов ISO для нужд процессного управления деятельностью предприятий, в виде совокупности процессов, связанных с разработкой, приобретением, эксплуатацией и утилизацией производственного оборудования [7].

Впервые термин совокупной стоимости владения программным продуктом (Total Cost of Ownership) был введен Полем Страссманом [8]. В соответствии ГОСТ Р 27.202-2012 оценка стоимости жизненного цикла продукта — это процесс анализа суммарной стоимости приобретения, владения и утилизации продукта, необходимый для принятия правильных решений по продукту на всех этапах жизненного цикла [9].

Единой методики оценки стоимости LCC на настоящий момент не существует. В различных отраслевых методиках сформулированы подходы к оценке с учетом состава затрат в разрезе единовременных (покупка, модернизация,

утилизация оборудования, затраты на капитальный ремонт) и текущих (профилактический ремонт и обслуживание) [10, 11]. По совокупности данных модель стоимости LCC традиционно имеет типовой вид:

$$LCC = A + \sum_{i=1}^n b_i \cdot d, \quad (1)$$

где  $A$  — единовременные затраты на оборудование, д. е.;

$b$  — текущие затраты на оборудование  $i$ -го вида, д. е.;

$d$  — ставка дисконтирования расходов.

Согласно существующим методикам оценка стоимости, LCC имеет статический характер, т.е. количественная оценка данного параметра дается на дату принятия решения о приобретении производственного актива без учета фактора эксплуатации и простоев оборудования во времени. Использование ставки дисконтирования, основанной исключительно на макроэкономических параметрах (инфляция, индекс потребительских цен) представляется недостаточным, поскольку не учитываются технические параметры физического износа оборудования с учетом частоты простоев и количества случаев ремонтных и иных работ различных категорий сложности.

Поэтому недостатком предложенных методик можно считать отсутствие динамического подхода в оценке стоимости LCC, в результате чего не представляется возможным оценить целесообразность эксплуатации оборудования во времени с учетом уровня использования производственной мощности и доходов, полученных от ее продажи.

В общей схеме производственного планирования критерий производственной мощности является как фактором объемных показателей выпуска продукции, полуфабрикатов и незавершенного производства, так и оценочным показателем использования производственного потенциала предприятия.

Как категория производственного планирования производственная мощность — это максимальное количество продукции соответствующего качества и ассортимента, которое может быть произведено им в единицу времени при полном использовании основных производственных средств в оптимальных условиях их эксплуатации [12–14].

Модель расчета показателя производственной мощности на дату представляет собой мультипликацию показателей нормы производительности единицы оборудования, количества единиц оборудования и эффективного фонда работы оборудования.

Норма производительности оборудования должна учитывать простои в соответствии с утвержденным технологическим регламентом и трудовым содержанием производственного процесса. Все целодневные и внутрисменные простои оборудования по организационным причинам должны учитываться при расчете эффективного фонда работы оборудования и регламентироваться техническим расчетом физического износа.



Рис. 1. Факторная модель оценки срока полезного использования оборудования

Измеряется производственная мощность, как правило, в натуральных или в условно-натуральных единицах. Если же предприятие выпускает неоднородную многономенклатурную продукцию, то суммарная мощность может определяться во временном или денежном выражении. В российской практике традиционно считается, что измеряется производственная мощность в тех же единицах что и производственная программа (план/бюджет производства) для нужд текущего планирования. Цель стратегического планирования производственной мощности (Strategic Capacity Planning) в зарубежной практике планирования заключается в обеспечении методов определения такого общего уровня мощности, который поддерживал бы долговременную конкурентную стратегию компании, преимущественно с точки зрения экономии на текущих затратах. Capacity — это, по мнению Р. Чейза, способность владеть, получать, хранить и приспособлять [12].

**Результаты исследования.** Стратегический подход в использовании показателя производственной мощности рассматривается в работе как базовый, обеспечивающий преемственность текущего и оперативно-производственного планирования уровню стратегического производственного потенциала. Являясь, таким образом, календарно-плановым нормативом выпуска продукции, показатель производственной мощности должен отвечать требованиям прогрессивности норм, т. е. соответствовать организационно-техническим условиям производства, в том числе стадии жизненного цикла оборудования.

Планирование мероприятий и бюджетов, связанных с эксплуатацией и использованием оборудования, должно стать частью производственного планирования, как на этапе стратегических решений об инвестициях в организацию производственных процессов и приобретении объекта производственного назначения, так и в рамках текущего (годовые бюджеты обслуживания и ремонта) и оперативно-производственного планирования (контроль исполнения и корректировка бюджета).

Содержание работ и натуральные показатели потребности в ресурсах по этапам LCC должны стать основой расходно-целевой части производ-

ственных бюджетов. Их количественная оценка, с точки зрения определения источников покрытия, относится к содержанию экономического планирования. Обоснование технической базы ресурсного планирования и оценка эффективного привлечения и использования материально-технических ресурсов относится к компетенции технических служб и специалистов.

Расчет теоретической производственной мощности сводится к формированию модели учета потерь времени и оценки экстенсивной нагрузки оборудования. Содержание и величина факторов этой модели предопределяются технологией процесса, организацией труда и производства (рис. 1). Использование данной модели позволит оценить действительный срок полезного использования оборудования, в течение которого ожидается экономический эффект от эксплуатации. Согласно данной модели, переменным фактором производственной мощности является время — эффективный фонд работы оборудования, постоянными факторами — норма производительности оборудования, установленная на момент сдачи в эксплуатацию заданного количества единиц техники.

В свою очередь, производственная мощность является переменным понижающим фактором выпуска и реализации продукции вследствие снижения эффективного фонда работы оборудования за счет возрастающих внутридневных и целодневных организационных простоев, в том числе по причине физического износа. Причем именно фактор физического износа становится причиной как роста частоты обслуживания и его стоимости, так и снижения дохода от продажи производственной мощности в виде готовой продукции.

Так, на примере расчета стоимости жизненного цикла ткацкого оборудования, срок эксплуатации которого установлен производителем в размере 20 лет, ставка физического износа принята не более 3 % в год (табл. 1).

Снижение эффективного фонда работы оборудования обусловлено начислением дисконтированного физического износа при одновременном наращении частоты и величины затрат на профилактический и текущий ремонт оборудования с использованием этой же ставки и ин-

## Фрагмент расчета показателя жизненного цикла оборудования (ЖЦО) (годы выборочно)

Показатель	Величина по годам эксплуатации оборудования									
	0	1	2	5	10	13	17	18	20	
Оттоки по стадиям ЖЦО, А. е., в том числе	14 850	3 504	3 840	8 463	8 192	18 310	27 092	17 681	21 569	
1. Затраты на исследование и разработку, А. е.	2 200	—	—	—	—	—	—	—	—	
2. Затраты на приобретение и установку, А. е.	12 650	—	—	—	—	—	—	—	—	
3. Затраты на эксплуатацию и обслуживание, в том числе	—	3 504	3 840	8 463	8 142	18 310	27 092	17 681	21 519	
3.1. Стоимость энергии на технологические нужды, А. е.	—	219	219	214	219	212	210	219	219	
3.2. Стоимость энергии на профилактическое обслуживание, А. е.	—	22	23	24	29	30	34	36	38	
3.3. Затраты на оплату труда, А. е.	—	1 847	2 054	2 828	4 817	6 631	10 153	11 294	13 976	
3.4. Затраты на материалы, А. е.	—	1 417	1 545	2 000	3 078	3 986	5 626	6 132	7 286	
3.5. Стоимость текущего ремонта, А. е.	—	—	—	3 397	—	7 452	11 069	—	—	
4. Затраты на снятие с эксплуатации, А. е.	—	—	—	—	—	—	—	—	50	
Кумулятивная стоимость ЖЦО, А. е.	14 850	18 354	22 194	39 488	78 519	115 656	182 451	200 133	254 691	
Притоки по стадиям ЖЦО по видам:	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1. Временные, час.	—	45	43	39	34	30	27	27	25	
2. Натуральные, тыс. м	—	268	260	233	205	182	160	162	153	
3. Стоймостьные, А. е.	—	40 219	39 048	35 014	30 825	27 309	24 073	24 333	22 936	
Чистый денежный поток по стадиям ЖЦО, А. е.	—14 850	36 715	35 208	26 551	22 633	8 999	—3 018	6 652	1 368	
Кумулятивный чистый денежный поток по стадиям ЖЦО, А. е.	—14 850	21 865	57 073	149 510	273 322	322 475	359 545	366 197	357 119	

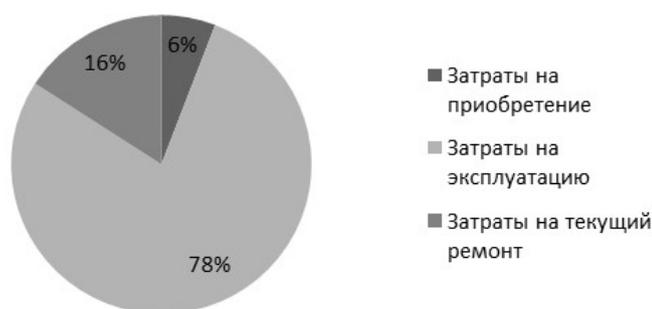


Рис. 2. Структура затрат на оборудование

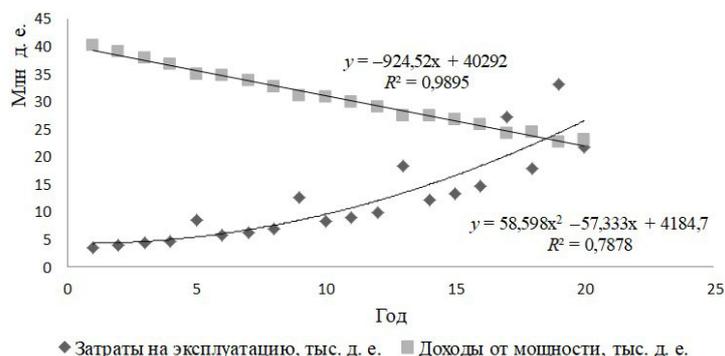


Рис. 3. Динамика показателей жизненного цикла оборудования

Таблица 2

## Расчет показателей простоя оборудования в связи с физическим износом

Показатель	Величина по годам эксплуатации оборудования					
	1	2	5	13	17	18
Количество единиц оборудования/выходов, ед.	10	10	10	10	10	10
Норма производительности единицы оборудования, м/час	6	6	6	6	6	6
Количество смен в сутки	2	2	2	2	2	2
Продолжительность рабочей смены, час.	8	8	8	8	8	8
Число рабочих дней в году, дни	294	294	294	294	294	294
Целодневные простои оборудования в связи с износом, дни	0	0	10	13	14	0
Внутрисменные простои в связи с износом, % режимного фонда работы оборудования	0	2,8	9,4	27,6	35,3	37,5
Прочие внутрисменные организационные простои, % режимного фонда работы оборудования	5	5	5	5	5	5
Эффективный фонд работы оборудования, час.	4468	4 339	3890	3034	2675	2704
Производственная мощность оборудования, тыс. м/год	268	260	233	182	160	162

декса роста стоимости материально-технических ресурсов.

Преобладающая часть затрат на оборудование возникает на этапе эксплуатации, составляя 78 %. 16 % стоимости жизненного цикла относится к текущему ремонту и лишь 6 % определяют долю, относящуюся к приобретению оборудования (рис. 2). Сложившаяся структура указывает на необходимость контроля эксплуатации оборудования с учетом критерия его эффективности.

Соотношение динамик роста затрат и снижения производственной мощности, приносящей доход предприятию, демонстрирует наступление критической точки до окончания принятого срока использования (рис. 3).

Равновесная точка, характеризующая равенство доходов и затрат, связанных с эксплуатацией оборудования, с достаточной степенью достоверности может быть найдена путем решения квадратного уравнения вида:

Таблица 3

## Обновление потребности текущего ремонта в 17-м году эксплуатации оборудования

Показатель	Величина по годам эксплуатации оборудования									
	2-ой год (базовый период)	17-ый год с проведением текущего ремонта	Отклонение от показателя базового периода		17-ый год без проведения текущего ремонта	Отклонение от показателя базового периода		18-ый год	Отклонение от показателя базового периода	
			абсолют.	относит.		абсолют.	относит.		абсолют.	относит.
Количество единиц оборудования/ выходов, ед.	10	10	0	0	10	0	0	10	0	0
Норма производительности единицы оборудования, м/час	6	6	0	0	6	0	0	6	0	0
Продолжительность рабочей смены, час.	8	8	0	0	8	0	0	8	0	0
Количество смен в год	2352	2352	0	0	2352	0	0	2352	0	0
Целодневные простои оборудования в связи с износом, дни	0	14	14	-	0	0	-	0	0	-
Внутрисменные простои в связи с износом, % режимного фонда работы оборудования	2,8	35,3	32,5	1177	38,1	35,3	1278	37,5	34,7	1256
Прочие внутрисменные организационные простои, % режимного фонда работы оборудования	5	5	0	0	5	0	0	5	0	0
Эффективный фонд работы оборудования, час.	4339	2675	-1664	-38,3	2675	-1664	-38,3	2704	-1635	-37,7
Производственная мощность оборудования, тыс. м/год	260	160	-100	-38,3	160	-100	-38,3	162	-98	-37,7

$$58,598x^2 + 867,187x - 36107,3 = 0. \quad (2)$$

Так как дискриминант больше нуля, то квадратное уравнение имеет два действительных корня:  $x_1 = -33,3$  и  $x_2 = 18,5$ . Срок полезного использования, являясь величиной положительного значения, составляет 18 лет. Начиная с 19-го года эксплуатация данного производственного актива экономически нецелесообразна, так как доходы, полученные от эксплуатации, «проедаются» затратами на эксплуатацию оборудования.

При неизменных факторах количества и нормы производительности оборудования по заданному графику текущего ремонта, определяющего целодневные простои в связи с износом, имеем возможность установить допустимый процент внутрисменных простоев, предварительно разделив их по причинам возникновения (табл. 2). Из табл. 2 видно, что к 18-му году эксплуатации ткацкого оборудования устанавливается размер внутрисменных потерь не более 37,5 % режимного фонда. Учет фактических потерь позволит оценить реальный уровень интенсивной нагрузки и принять решение об объемных показателях выпуска продукции и целесообразности эксплуатации оборудования.

Одним из частных вопросов производственного планирования может стать вопрос целесообразности текущего ремонта, утвержденного графиком в 17-м году эксплуатации (табл. 3). В случае проведения текущего ремонта в этом году процент внутрисменных простоев в связи с износом должен составить не более 35,3 % режимного фонда, в случае отказа — допустимый процент простоев составляет 38,1 %. Это обусловлено потребностью возникновения дополнительных мер обслуживания оборудования. Вместе с тем в сравнении с базовым периодом (2-ой год эксплуатации с начислением физического износа) отклонение в показателях эффективного фонда работы оборудования и его производственной мощности составляет 38,3 % в обоих случаях. Целесообразность затрат текущего или профилактического характера является уже предметом экономического анализа. Тем более что принципиального значения для годового планирования выпуска по критерию производственной мощности то или иное решение значения не имеет. Данный факт имеет значение только для оперативно-производственного планирования в разрезе коротких периодов при возникновении целодневных простоев.

**Обсуждение.** Кросс-функциональный характер расчета и использования показателя производственной мощности не позволяет сформировать единый центр ответственности за прогрессивность этого календарно-планового норматива в условиях большинства современных производственных предприятий из-за функционального характера их организационных структур.

По мнению одних специалистов производственных предприятий расчет производственной мощности — это централизованная функция технических подразделений, ведущих подготовку производства, других — децентрализованная функция, реализуемая в производственных

цехах основного или вспомогательного производства. Использование данного показателя для нужд сквозного планирования с выходом на финансовый результат предполагается третьим мнением, как потребность в централизованном планировании на уровне планово-экономических служб.

По нашему мнению, именно модель жизненного цикла оборудования и ее технико-экономическая оценка позволяют обеспечить единообразие расчета и использования актуальных показателей фактора и критерия оценки — производственной мощности оборудования.

**Заключение.** Таким образом, модель жизненного цикла оборудования может стать инструментом регламентации срока полезного использования как с целью сокращения, так и продления в условиях выбора правильной амортизационной политики и переоценки стоимости основных средств предприятия. С использованием этой модели можно оценить не только стратегический производственный потенциал предприятия, но и регламентировать ключевые календарно-плановые показатели, поддерживая тем самым их актуальность для целей автоматизации производственного и экономического планирования и учета.

Критерий, обоснованный сроком эффективного использования производственной мощности на уровне производственных подразделений, может стать справедливым индикатором реализации стратегического производственного потенциала предприятия в общей иерархии оперативно-производственного планирования.

#### Библиографический список

1. Ptak C. A., Smith C. Orlicky's Material Requirements Planning. 3rd ed. McGraw-Hill Education, LLC, 2011. 546 с.
2. Стандарт MRPII // Официальный сайт TurboFlyErp. URL: <http://turboflyerp.ru/products/turboflymanufacture/mprii>. (дата обращения: 20.12.2021).
3. Alexis L. Enterprise Resource Planning. 2nd. ed. New Dehli: McGraw-Hill, 2008. С. 224 – 232.
4. Альгина Т. Б., Сиротина Л. К. Актуальные проблемы цифровизации производственного учета и оперативного планирования на промышленном предприятии // Промышленная политика макрорегиона в глобальной трансформации современного общества: сб. ст. Санкт-Петербург: Изд-во СПбГЭУ, 2021. С. 28 – 32.
5. Савенкова Е. А., Горбунова О. Н. Особенности выбора ERP-системы для предприятия // Социально-экономические явления и процессы. 2018. Т. 13, № 1. С. 117 – 121.
6. Titova M., Sirotnina L. Scenario Modeling and Optimization of Parametric Proportions for the Conjugated Production of Chemical Fibers and Textiles in Conditions of Raw Material Recycling // Fibre Chem. 2021. Vol. 53. P. 194 – 198. DOI: 10.1007/s10692-021-10266-2.
7. ГОСТ Р ИСО 14044-2019. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Требования и рекомендации. Введ. 01 – 01 – 2020. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/71899/> (дата обращения: 26.12.2021).
8. Paul A. Strassmann // Официальный сайт. URL: <https://www.strassmann.com/> (дата обращения: 24.12.2021).
9. ГОСТ Р 27.202-2012. Надежность в технике. Управление надежностью. Стоимость жизненного цикла. Введ. 01 – 04 – 2013. Москва: Стандартинформ, 2014. 16 с.

10. Методика расчёта стоимости жизненного цикла на отдельные узлы, оборудование и комплектующие, поставляемые на ОАО «ТВЗ» // Официальный сайт ОАО «Тверской вагоностроительный завод». URL: <http://tvz.ru> (дата обращения: 18.11.2021).

11. Расчёт стоимости жизненного цикла оборудования. Методический документ // Официальный сайт ПАО «Газпром Нефть». URL: <https://www.gazprom-neft.ru> (дата обращения: 18.11.2021).

12. Чейз Р., Эквилайн Н. Дж., Якобс Р. Ф. Производственный и операционный менеджмент. 8 изд. / пер. с англ. Москва: Издат. дом Вильямс, 2004. 704 с.

13. Панченко Е. С. Внутренние резервы в легкой промышленности: найти и использовать // Планово-экономический отдел. 2017. № 5. URL: [https://www.profiz.ru/peo/5\\_2017/rost\\_proizvodstva/](https://www.profiz.ru/peo/5_2017/rost_proizvodstva/) (дата обращения: 17.11.2021)

14. Расчет производственной мощности. URL: [http://www.consultant.ru/law/podborki/raschet\\_proizvodstvennoj\\_moschnosti/](http://www.consultant.ru/law/podborki/raschet_proizvodstvennoj_moschnosti/) (дата обращения: 16.12.2021).

**СИРОТИНА Лидия Константиновна**, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, г. Санкт-Петербург.  
AuthorID (РИНЦ): 436319  
Адрес для переписки: [spb500@yandex.ru](mailto:spb500@yandex.ru)

#### Для цитирования

Сиротина Л. К. Разработка календарно-плановых производственных показателей на основе модели жизненного цикла оборудования // Омский научный вестник. 2022. № 1 (181). С. 42–49. DOI: 10.25206/1813-8225-2022-181-42-49.

Статья поступила в редакцию 30.12.2021 г.

© Л. К. Сиротина