

УДК (УДК) 621.941

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ СУППОРТОВ
ТОКАРНОГО СТАНКАMODERNIZATION TO THE CONTROL DRIVE FOR MOVEMENT OF LATHE
CARRIAGESБелина Н.Н.¹, Гукасян А.В.¹, Белин А.А.¹, Коваленко С.А.²
Belina N.N.¹, Gukasyan A.V.¹, Belin A.A.¹, Kovalenko S.A.²¹ – Кубанский государственный технологический университет (Краснодар, Россия)² – «Завод ЭЛЕКТРОСЕВКАВМОНТАЖИНДУСТРИЯ» (Краснодар, Россия)¹ – Kuban State Technological University (Krasnodar, Russian Federation)² – ElektrosekavmontazhIndustriya Plant LLC (Krasnodar, Russian Federation)

Аннотация. Статья посвящена возможности доработки привода управления перемещением суппортов токарного станка, эксплуатируемого ООО «ЗЭСКИ» г. Краснодар. Обоснована необходимость модернизации имеющегося токарного станка, проведен обзор тяжелых машиностроительных станков, предлагаемых на рынке. Показаны недостатки текущего варианта конструкции привода. Приведен вариант модернизированной кинематической схемы с указанием элементов дорабатываемого узла. Выполнен подбор дополнительного сервопривода, обеспечивающего возможность раздельного управления перемещением суппортов токарного станка. Дорабатываемый в рамках модернизации привода вал был проверен на прочность. Выполнено моделирование действующих на указанный вал нагрузок с использованием комплекса программ «SPINCH». Показано, что предложенный вариант доработки привода управления перемещением суппортов токарного станка позволит полностью автоматизировать процесс токарной обработки заготовок, в том числе выполнять обработку сложно-профильных поверхностей в автоматическом режиме

Ключевые слова: доработка, модернизация, привод, суппорт, токарный станок.

Дата получения статьи: 30.07.2026
Дата принятия к публикации: 14.09.2026
Дата публикации: 25.09.2000

Сведения об авторах:

Белина Наталия Николаевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технической механики и специальных машин имени профессора А.А. Петрика, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
e-mail: belinann@mail.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0010-3910>

Гукасян Александр Валерьевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологического оборудования и систем жизнеобеспечения,

Abstract. The article is devoted to the possibility of refining the control drive for moving the supports of a lathe operated by ZESKMI LLC in Krasnodar. The necessity of modernizing the existing lathe is substantiated, and an overview of heavy engineering machines available on the market is provided. The shortcomings of the current design of the drive are highlighted. A modified kinematic diagram is presented, indicating the elements of the modified unit. An additional servo drive is selected to provide separate control of the lathe's support movements. The shaft being upgraded as part of the drive upgrade was tested for strength. The loads acting on the specified shaft were simulated using the SPINCH software package. It is shown that the proposed modification of the control drive for the movement of the lathe's supports will allow for complete automation of the lathe processing of workpieces, including the processing of complex-profile surfaces in an automatic mode.

Keywords: modification, upgrade, drive, support, lathe.

Date of manuscript reception: 30.07.2026
Date of acceptance for publication: 14.09.2026
Date of publication: 25.09.2000

Authors' information:

Natalia N. Belina – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department, Department of Technical Mechanics and Special Machines named after Professor A.A. Petrik, Kuban State Technological University,
e-mail: belinann@mail.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0010-3910>

Alexander V. Gukasyan – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technological Equipment and Life Support Systems,

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
e-mail: aleksandr_gukasyan@mail.ru

Белин Артем Андреевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», e-mail: qrack@inbox.ru.

Коваленко Сергей Александрович – начальник производства, ООО «Завод ЭЛЕКТРОСЕВКАВМОНТАЖИНДУСТРИЯ»,
e-mail: s.kovalenko@zeskmi.ru.

Kuban State Technological University,
e-mail: aleksandr_gukasyan@mail.ru.

Artem A. Belin – Master's degree courses; Kuban State Technological University, e-mail: qrack@inbox.ru.

Sergey A. Kovalenko – Head of Production, ELEKTROSEVKA VMONTAZHINDUSTRIYA Plant LLC, e-mail: s.kovalenko@zeskmi.ru.

1. Введение

В настоящее время на производстве находят широкое применение металлообрабатывающие станки и комплексы, однако высокая стоимость нового оборудования является фактором, затрудняющим обновление станочного парка, особенно для предприятий малого и среднего бизнеса [1]. Однако станочный парк тяжелого класса состоит в основном из морально устаревших станков производства времен СССР и применяется на немногочисленных производствах для выполнения единичных видов работ [2]. Анализ предложений по тяжелым станкам показал, что на сегодняшний день на рынке в основном представлено оборудование, изготовленное в СССР, такое как тяжелые токарные станки 1A670 1A660, 1A671Ф1-10, а также тяжелые токарные станки CRAVEN и SKODA с числовым программным управлением [2-5]. Так как механическое состояние имеющихся на производстве тяжелых станков является хорошим, экономически эффективным в условиях единичного производства видится именно модернизация имеющегося оборудования, а применение отечественных разработок в этой области способствует импортозамещению [2]. В данном контексте под модернизацией понимается комплекс инженерно-конструкторских работ для внесения изменений в существующую конструкцию станка для улучшения его эксплуатационных показателей [6]. Наиболее важная проблема современного машиностроения – это обеспечение качества изготовления деталей, которое в основном определяется точностью обработки поверхностей, размеров, соблюдения формы и т.д. [7-11]. Эти же требования предъявляются и при модернизации имеющихся у предприятий тяжёлых станков.

Как показывает анализ источников [1, 2, 6-11] и практика, на предприятиях модернизацию тяжелых станков производят под конкретную технологическую задачу. Станки с числовым программным управлением могут обеспечить требуемое качество, однако для обработки крупногабаритных деталей в условиях единичного производства покупка таких станков нецелесообразна. Таким образом, модернизация, а также доработка конструкций имеющихся на предприятиях тяжелых станков для повышения качества деталей и сокращения времени их изготовления является актуальной задачей.

2. Постановка задачи

Объектом исследования является тяжелый токарный станок 1A667-FA, изображенный на рис. 1. Станок является действующим и находится в собственности ООО «ЗЭСКИ» г. Краснодар.

Данный тяжелый токарный станок модели 1A667-FA предназначен для разнообразных токарных работ по обработке крупногабаритных массивных деталей из чугуна и различных марок сталей, резцами из быстрорежущей стали или резцами со сменными пластинами из твердого сплава.

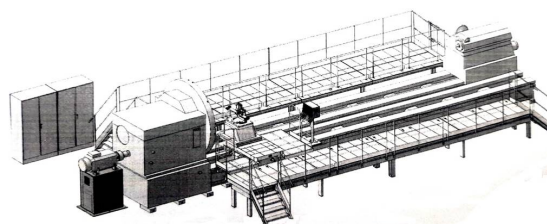


Рис. 1. Общий вид станка 1A667-FA.

На станке можно производить следующие операции:

– обточку наружных и внутренних цилиндрических поверхностей в автоматическом режиме;

– обточку наружных и внутренних конусных и сферических поверхностей в ручном режиме.

Габариты станка:

длина 19440 мм;
ширина 4645 мм;
высота 3280 мм;

общий вес станка с электрооборудованием 110,372 т.

Целью работы является возможность доработки привода управления перемещением суппортов.

3. Результаты и их анализ

В 2024 году на тяжелом токарном станке 1А667 была завершена доработка до тяжелого токарного станка 1А667-FA под управлением устройства с числовым программным управлением МАЯК-625Е, и доработанный станок был введен в эксплуатацию. Указанная доработка производилась с целью возможности выполнения таких видов работ, как навивка спиральных многослойных трубчатых теплообменников большой массы (от 7 до 15 т), а также токарных работ по обработке различных поверхностей крупногабаритных деталей с высокой точностью позиционирования токарных оправок по осям “Z”, “X” и шпинделя станка по оси “С”.

Однако, ввиду того, что доработка станка под управление УЧПУ в первую очередь делалась для целей навивки, была проведена минимальная модернизация узлов и агрегатов станка. Кинематическая схема привода приведена на рис. 2.

Как видно из рис. 2, привод продольного и поперечного перемещения суппортов станка осуществляется от общего сервопривода через коробку выбора режимов скоростей подачи.

Данный вариант управления приводами разрабатывался в первую очередь для выполнения работ по навивке трубчатых теплообменников, поэтому выполнение таких видов токарных работ, как проточка (расточка) цилиндрических поверхностей или под-

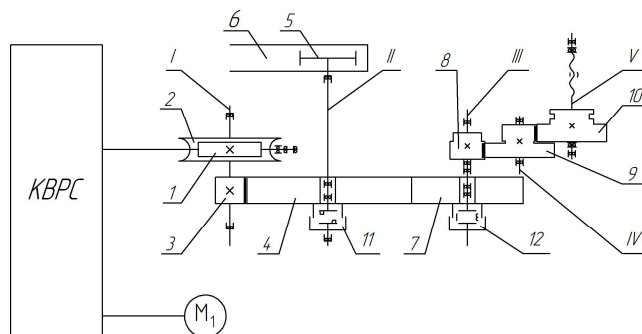


Рис. 2. Кинематическая схема привода перемещения суппортов станка 1А667-FA:

1-10 – зубчатые колеса и шестерни;
11, 12 – муфты включения; I-V – валы.

резка торцов, т.е. движение исполнительного органа (резца) в таком исполнении возможно только вдоль оси “Z” или “X”.

Для выполнения конусных или радиусных поверхностей оператору станка необходимо выполнять работы, аналогичные работам на универсальных токарных станках (например, 16К20, 1М63 и т.п.), т.е. вручную выполнять поворот верхнего продольного суппорта станка на необходимый угол и перемещение салазок резцедержателя для выполнения конусных поверхностей. Для выполнения радиусных поверхностей оператор станка применяет фасонные резцы. На данном модернизированном станке существует возможность выполнения конусных или радиусных поверхностей обрабатываемых заготовок с помощью устройства с числовым программным управлением путем поочередного включения осей станка и ступенчатого перемещения резца, однако чистота получаемой после обработки поверхности недостаточна.

Обрабатываемая деталь требует дальнейшей слесарной обработки, а управляющая программа программируется вручную, является очень громоздкой, сложной и не исключает ошибок при её составлении.

Помимо этого, указанная конструкция привода исключает автоматизацию при программировании управляющих программ, так как для управления электромуфтами включения приводов суппортов станка применяются дополнительные М-коды.

Таким образом, возникает необходимость доработки привода управления перемещения

суппортов станка для обеспечения следующих задач:

- максимальной автоматизации процесса токарной обработки заготовок, в том числе выполнения конусных и радиусных поверхностей в автоматическом режиме;
- упрощения написания управляющих программ, в том числе с применением CAD/CAM/CAE-систем.

В качестве доработки привода предлагается раздельное управление продольным и поперечным приводами перемещения суппортов станка от двух независимых сервоприводов. Выполняется демонтаж зубчатого колеса 7, электромuffты 12 и дорабатывается вал III, указанные в кинематической схеме на рисунке 1.

Кинематическая схема доработанного узла приведена на рис. 3.

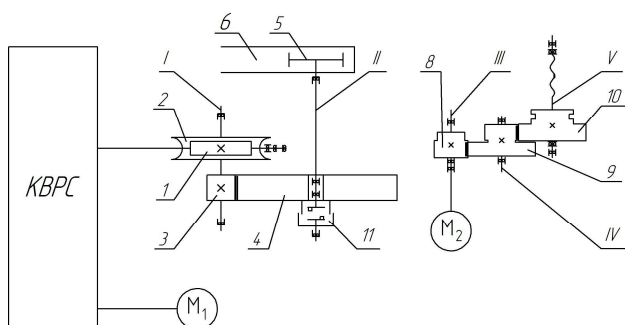


Рис. 3. Вариант доработанной кинематической схемы узла привода перемещения суппортов станка 1А667-ФА.

Как видно из приведенной кинематической схемы, на вал III предлагается установить отдельный сервопривод для управления перемещением поперечного суппорта станка, для чего необходимо выполнить доработку данного вала для возможности прямого соединения с сервоприводом через шпоночное соединение.

Доработка вала подразумевает удлинение первичной шейки вала на длину, необходимую для соединения с сервоприводом, смонтированным на внешней стороне корпуса фартука станка.

По представленной кинематической схеме модернизированного узла, с учетом действующих нагрузок, был подобран сервопривод с требуемыми техническими харак-

теристиками: мощность 5,5 кВт, крутящий момент 35 Н·м, частота вращения 1500 мин⁻¹.

Дорабатываемый вал был проверен на прочность. Выполнено моделирование действующих на указанный вал нагрузок с использованием комплекса программ SPINCH, разработанного в МГТУ «Станкин», в соответствии с методикой [12].

Комплекс программ SPINCH служит для математического моделирования шпиндельных узлов разрабатываемых станков или улучшения характеристик имеющегося оборудования. Данный инструмент предназначен для расчета статических и динамических характеристик пространственных механических систем и основан на использовании метода конечных элементов и модального анализа применительно к упругим системам станков.

По результатам моделирования деформации вала в узловых точках по оси X находятся в пределах 2 мкм, по оси Z – в пределах 20,4 мкм, крутильная податливость вала под действием приложенных нагрузок находится в пределах $1,52 \cdot 10^{-3}$ рад.

Максимальный и минимальный прогибы вала в соответствующих узловых точках составляют –10,8 мкм и +10,02 мкм.

Расчетный допустимый прогиб вала находится в пределах 57,8...86,8 мкм, соответственно прогиб вала не превышает расчетных допустимых значений прогиба, т.е. условие прочности вала соблюдается, следовательно, дорабатываемая конструкция привода выдержит нагрузки, возникающие в процессе работы тяжелого токарного станка.

График деформации вала по результатам моделирования приведен на рис. 4.

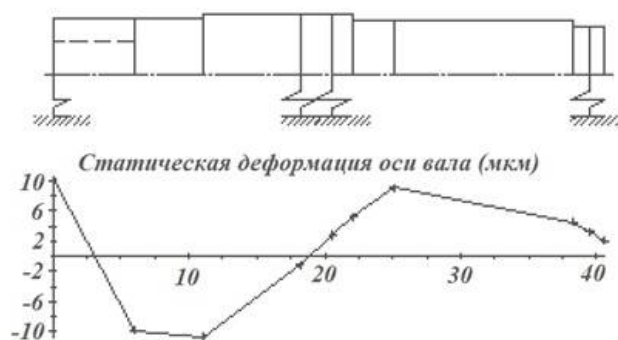


Рис. 4. График статической деформации вала

Модальные параметры, полученные в результате моделирования динамики дорабатываемого вала, представлены на рис. 5.

НОРМАЛЬНЫЕ ФОРМЫ КОЛЕБАНИЙ									
СОБ. ЧАСТ. (ГЦ)	822.59			1612.48			1958.93		
МОД. КОЭФ. ДЕМП	.011922			.010274			.010713		
УЗЕЛ N"	X	Z	FI(Y)	X	Z	FI(Y)	X	Z	FI(Y)
1	12.46	.00	.00	.00	-3.54	.05	.00	16.11	-1.61
2	12.54	.00	.00	.00	-3.29	-.21	.00	23.51	-.53
3	12.55	.00	.00	.00	-1.18	-.67	.00	22.35	1.01
4	12.52	.00	.00	.00	5.92	-1.35	.00	11.40	1.67
5	12.53	.00	.00	.00	9.47	-1.59	.00	7.64	1.45
6	12.55	.00	.00	.00	11.92	-1.66	.00	5.58	1.31
7	12.61	.00	.00	.00	16.56	-1.33	.00	2.14	1.01
8	12.55	.00	.00	.00	10.74	1.74	.00	-2.84	-.04
9	12.53	.00	.00	.00	8.70	1.78	.00	-2.78	-.06
10	12.53	.00	.00	.00	6.66	1.78	.00	-2.72	-.05

Рис. 5. Модальные параметры моделирования вала

Основной интерес представляют радиальные колебания, собственные частоты которых равны 822 и 1958 Гц.

На рис. 6 представлен график амплитудно-частотной характеристики вала.

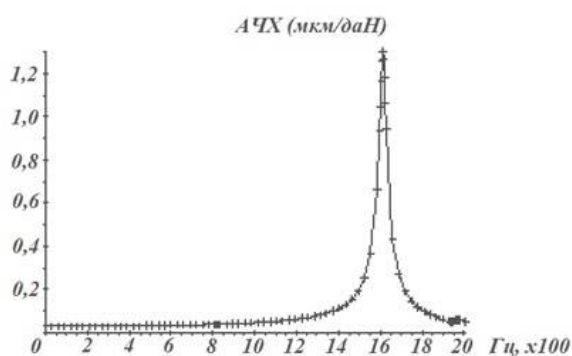


Рис. 6. График амплитудно-частотной характеристики вала

По данным рис. 6 видно, что собственные частоты радиальных деформаций 822 Гц и 1958 Гц на графике не проявляются.

Высокие (пиковые) собственные частоты 1612 Гц видны отчетливо, но на работу при-

вода при заданных нагрузках не влияют. Работа привода в составе с модернизированным валом выполняется в дорезонансном или зарезонансном режимах.

4. Заключение

В работе представлен вариант модернизации привода тяжелого токарного станка 1A667-FA под управлением устройства с числовым программным управлением МА-ЯК-625Е, обеспечивающий раздельное управление продольным и поперечным приводами перемещения суппортов станка, приведена усовершенствованная кинематическая схема. При использовании комплекса программ SPINCH установлены максимальный и минимальный прогибы вала, а также расчетный допустимый прогиб вала, показано, что условие прочности для дорабатываемого вала соблюдается. Определены модальные параметры моделирования вала, а также построен и проанализирован график амплитудно-частотной характеристики, определены собственные частоты колебаний, не влияющие на работу станка.

Таким образом, предложенный вариант модернизации управления перемещением суппортов тяжелого токарного станка позволит полностью автоматизировать процесс токарной обработки заготовок, в том числе выполнять обработку сложно-профильных поверхностей в автоматическом режиме, и применять средства автоматизированного написания управляющих программ с применением CAD/CAM/CAE-систем.

Список литературы

1. Либерман Я.Л. Разработка системы автоматического регулирования стружкоудалением для металлорежущих станков со шнековым конвейером // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 4. С. 153-158. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-4-153-158.

2. Платонов В.В., Майзель И.Г. Модернизация металлообрабатывающих станков с числовым программным управлением //

References

1. Liberman Ya.L. Development of an automatic chip removal system for metal-cutting machines with an auger conveyor. *Izvestiya of Tula State University. Technical Sciences*, 2021. No. 4. pp. 153-158. DOI: 10.24412/2071-6168-2021-4-153-158. (in Russian)

2. Platonov V.V., Mayzel I.G. Modernization of metal-working machines with numerical program control. *Bulletin of Irkutsk*

Вестник Иркутского государственного технического университета. 2019. Т. 23, № 2(145). С. 285-295. DOI 10.21285/1814-3520-2019-2-285-295.

3. Интернет-каталог товаров и услуг PromPortal.su. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://promportal.su/tags/162490/tyazheliy-tokarniy-standok/?ysclid=mq3ziup9qc195812195> (дата обращения 08.06.2026 г.)

4. Сеть региональных бизнес-порталов RegTorg.ru. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.regorg.ru/goods/tyazhlyj_tokarnyj_standok.html?ysclid=mq3zem7tb5259625599 (дата обращения 08.06.2026 г.).

5. Официальный сайт компании УРАЛ-СТАНКОСЕРВИС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uralstankoservice.ru/?app=catalogue&cmd=view&id=38&pid=336> (дата обращения 08.06.2026 г.).

6. Королев В.В., Петров Р.Е. Модернизация токарно-винторезного станка // Вестник НГИЭИ. 2015. № 12(55). С. 42-47.

7. Додонов В.В., Никулин Ю.В. Факторы, определяющие точность токарного станка с ЧПУ // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2006. № 7. С. 63-70.

8. Большаков Г.С., Мальков Н.И., Накашидзе Ю.Ю. Анализ жесткости токарного станка // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2026. № 1(77). С. 143-153. DOI 10.21685/2072-3059-2026-1-13.

9. Денисенко А.Ф., Гришин Р.Г. Оптимизация компоновки токарного станка с ЧПУ // Frontier Materials & Technologies. 2022. № 2. С. 17-27. DOI 10.18323/2782-4039-2022-2-17-27.

10. Файзиматов Ш.Н., Анвархужаев Т.Б., Тажибаев Н.З. Факторы влияющие на точность обработки на токарных станках // Scientific progress. 2021. №2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/factory-vliyayuschie-na-tochnost-obrabotki-na-tokarnyh-stankah> (дата обращения: 24.07.2026).

11. Емельянов Н.В., Зубенко В.Л., Емельянова И.В. CAD, CAE технологии проектирования с учетом сил трения подвижных со-

† State Technical University, 2019, Vol. 23, No. 2(145), pp. 285-295. DOI: 10.21285/1814-3520-2019-2-285-295. (in Russian)

† 3. Internet catalog of goods and services PromPortal.su. Available at: <https://promportal.su/tags/162490/tyazheliy-tokarniy-standok/?ysclid=mq3ziup9qc195812195> (in Russian)

† 4. RegTorg.ru network of regional business portals. Available at: https://www.regorg.ru/goods/tyazhlyj_tokarnyj_standok.html?ysclid=mq3zem7tb5259625599 (in Russian)

† 5. Official website of the company Ural-Stankoservice. Available at: <https://uralstankoservice.ru/?app=catalogue&cmd=view&id=38&pid=336> (in Russian)

† 6. Korolev V.V., Petrov R.E. Modernization of a Lathe. *Vestnik NGIEI*, 2015, No. 12(55), pp. 42-47. (in Russian)

† 7. Dodonov V.V., Nikulin Yu.V. Factors Determining the Precision of a CNC Lathe. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedeniy. Mashinostroyeniye*, 2006, No. 7, pp. 63-70.

† 8. Bolshakov G.S., Malkov N.I., Nakashidze Yu.Yu. Analysis of the Lathe Machine's Rigidity. *Izvestiya of Higher Educational Institutions. Volga Region. Technical Sciences*, 2026, No. 1(77), pp. 143-153. DOI: 10.21685/2072-3059-2026-1-13. (in Russian)

† 9. Denisenko A.F. Optimization of the Layout of a CNC Lathe. *Frontier Materials & Technologies*, 2022, No. 2, pp. 17-27. DOI: 10.18323/2782-4039-2022-2-17-27.

† 10. Fayzimatov Sh.N., Anvarkhuzhaev T.B., Tazhibaev N.Z. Factors affecting the accuracy of machining on lathes. *Scientific progress*, 2021, No. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/factory-vliyayuschie-na-tochnost-obrabotki-na-tokarnyh-stankah> (in Russian).

† 11. Yemelyanov N.V., Zubenko V.L., Yemelyanova I.V. CAD, CAE design technologies based on friction forces of mobile connections of nodes of CNC lathes. *Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2016, Vol. 18,

- единений узлов токарных станков с ЧПУ // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 4-2. С. 279-284.
12. Кичкарь Ю.Е., Кичкарь И.Ю. Моделирование механики систем приводов технологического оборудования. Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2025. 87 с.
- † No. 4-2, pp. 279-284. (in Russian)
† 12. Kichkar Yu.E., Kichkar I.Yu. Model-
† ing of the Mechanics of the Drive Systems of
† Technological Equipment. Krasnodar,
† KubSTU Publishing House, 2025. 87 p. (in
† Russian)
†
†