

УДК 621.01, 617-7

Разработка эндоскопического захвата для сшивания тканей при лапароскопических операциях

К.А. Шалюхин, С.В. Левин, С.А. Скворцов

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Design and development of an endoscopic gripper for tissue suturing in the laparoscopic operations

K.A. Shalyukhin, S.V. Levin, S.A. Skvortsov

Institute of Mechanical Engineering named after A.A. Blagonravov of the Russian Academy of Sciences

Среди наиболее быстро развивающихся направлений современной медицины заметное положение занимает малоинвазивная хирургия. Ее преимущества перед традиционной открытой хирургией заключаются в существенно меньшей травматичности операций, совершаемых через прокол или разрез в тканях. Как следствие, значительно сокращается период реабилитации пациента и снижается риск возможных осложнений, связанных с хирургическим вмешательством. Ответственный компонент малоинвазивной операции — наложение хирургического шва — требующий от хирурга значительного мастерства и выполняемый специальным инструментом для сшивания тканей и завязывания узлов. Рассмотрено разработанное в Институте машиноведения имени А.А. Благонравова Российской Академии наук новое устройство, принцип действия и конструкция которого могут быть положены в основу создания такого инструмента.

EDN: VJQZMP, <https://elibrary/vjqzmp>**Ключевые слова:** малоинвазивные операции, лапароскопические инструменты, сшивающие аппараты, хирургический шов, лигатура

Minimally invasive surgery occupies a prominent position among the fastest growing areas in modern medicine. Its advantages over the traditional open surgery lie in the fact that surgery operations performed through a puncture or incision in the tissue are significantly less traumatic. As a result, the patient's rehabilitation period is significantly reduced, as well as the risk of possible complications associated with the surgical intervention. Application of the surgical suture is an important component of a minimally invasive operation; it requires considerable skill from the surgeon and is performed with a special instrument for suturing tissue and tying the knots. The paper considers a new device designed and developed at the Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IMASH RAN). Its operation principle and design could form the basis for creation of such an instrument.

EDN: VJQZMP, <https://elibrary/vjqzmp>**Keywords:** minimally invasive operations, laparoscopic instruments, staplers, surgical suture, ligature

Современные тенденции развития машиноведения [1] требуют от ученых, работающих в этой области, решения актуальных проблем. Перспективным направлением является совершенствование существующих и разработка новых устройств медицинского назначения [2, 3], в частности инструментов для оказания помощи хирургу при проведении малоинвазивных операций.

Преимуществами малоинвазивных операций перед открытыми хирургическими вмешательствами являются отсутствие значительного рассечения тканей для проникновения в операционную область и выполнение всех действий через разрез или прокол в тканях пациента [4–6]. Это гарантирует значительно меньшую травматичность, небольшую кровопотерю, снижение риска инфицирования, а также значительно сокращает период послеоперационной реабилитации [7, 8]. Для полной реализации этих преимуществ необходим широкий спектр лапароскопических инструментов, по конструкции существенно отличающихся от применяемых в открытой хирургии.

Ответственный компонент малоинвазивной операции — наложение швов, которые соединяют ткани, рассеченные в процессе операции. Для решения этой задачи используют сшивающие аппараты различных конструкций и принципов действия [9, 10]. Чаще всего сшивающие аппараты соединяют ткани наложением скобок с помощью степлеров.

Аппарат эндоскопического ручного шва ENDO STITCH [11–13] предназначен для наложения шва и завязывания узлов внутри брюшной полости. Он содержит две губки, механизм удерживания нити на каждой губке и рукоять, на которой размещено устройство управления. Конструкция аппарата позволяет перекидывать иглу из одной губки в другую и таким образом проводить прошивание.

Игла заточена с обеих сторон, а нить вмонтирована в центр иглы Т-образно, что позволяет шить в любом направлении. Перекидывание иглы из губки в губку дает возможность завязывать хирургические узлы. Аппарат ENDO STITCH оснащен кассетами подобных одноразовых игл.

Однако аппарат эндоскопического ручного шва ENDO STITCH не лишен недостатков. Он использует специальные кассеты двойной иглы с прикрепленной нитью. Кроме того, имеются задачи, для решения которых он не приспособ-

лен. Поэтому в ряде случаев хирург прибегает к ручному стягиванию тканей с помощью специальной нити (лигатуры).

Одной из наиболее сложных манипуляций в ручном наложении швов при малоинвазивных операциях является завязывание узлов, которому хирурги обучаются иногда несколько лет. В связи с этим разработка и усовершенствование приспособлений для формирования узлов является актуальной задачей.

Принцип работы и конструкция захвата. Специалисты Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (ИМАШ РАН) совместно с хирургами ведущих научных центров Москвы работают над совершенствованием существующих и созданием новых инструментов для проведения малоинвазивных операций, основанных на различных принципах работы и конструктивных решениях [14, 15].

Одним из направлений работы является создание захвата-ассистента для помощи хирургу при завязывании узлов, который можно использовать совместно с другими инструментами. В основе его работы лежит переключивание нити или иглы с губки захвата на другую и фиксация их на выбранной губке.

Алгоритм сшивания тканей при завязывании узла предлагаемым эндоскопическим захватом включает в себя следующие шаги:

- зажим первой нити между накладками на разных губках;
- закрепление накладки вместе с нитью на одной из губок;
- введение второй нити в просвет между накладками и другой губкой;
- перевод первой нити вместе с накладками на другую губку;
- вытягивание первой нити, закрепленной с накладками на другой губке, с противоположной стороны относительно первой нити.

Такая последовательность действий позволяет сформировать петлю, которая образует узел, соединяющий первую и вторую нити. Для реализации такого алгоритма подходит зажим, который способен держать нить между накладками, которые могут присоединяться как к разным губкам по отдельности, так и совместно к любой из губок.

В разработанной конструкции захвата это обеспечивается наличием двух накладок, причем каждая из них может соединяться с бли-

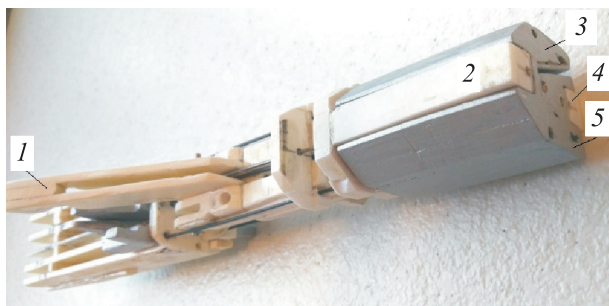


Рис. 1. Внешний вид макета захвата для завязывания узлов

жайшей к ней губкой, а также — с другой накладкой. Таким образом, существуют три варианта конфигурации накладок: обе на нижней губке, обе на верхней губке и отдельно на верхней и нижней губках.

При любом из вариантов устройство может функционировать как обычный зажим с возможностью открытого и закрытого состояний. Макет устройства, сконструированный в увеличенном масштабе и изготовленный в ИМАШ РАН, показан на рис. 1.

Захват имеет верхнюю 2 и нижнюю 4 губки. Нижняя губка принята за неподвижную и служит основанием механизма. На ней шарнирно закреплена верхняя губка, имеющая возможность относительного поворота. Открытие и закрытие захвата выполняется с помощью рычага 1. Кроме того, механизм содержит верхнюю 3 и нижнюю 5 накладки.

Накладки удерживаются на своих губках с помощью стержней, которые проходят через сквозные отверстия в накладках и губках, связывая их вместе. Перемещение накладок вдоль стержня блокирует переключатель на накладке и соответствующий ей паз губки. Каждый стержень имеет на заднем конце управляющую ручку, с помощью которой можно выдвигать его в соответствующем отсеке сверху или снизу основания (нижней губки).

Отверстия выполнены так, чтобы накладки могли соединяться с губками и между собой в следующих сочетаниях:

- 1) верхнюю накладку удерживают три стержня на верхней губке;
- 2) нижнюю накладку удерживают два стержня на нижней губке;
- 3) верхняя и нижняя накладки соединены тремя стержнями.

Таким образом, имеются три варианта крепления накладок: 2+3 (рис. 2), в 1+3 (рис. 3), 1+2 (рис. 4).

Пример цикла работы устройства для завязывания узла включает в себя следующие этапы:

- сжатие первой нити захватом в состоянии, показанном на рис. 4;
- переход сжатого захвата в состояние, приведенное на рис. 2;
- раскрытие захвата и заведение второй нити между губками;
- сжатие второй нити захватом в состоянии, изображенным на рис. 2;
- переход сжатого захвата в состояние, показанное на рис. 3;

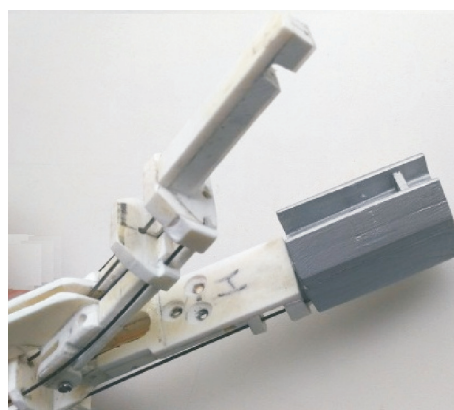


Рис. 2. Внешний вид нижней губки с обеими накладками

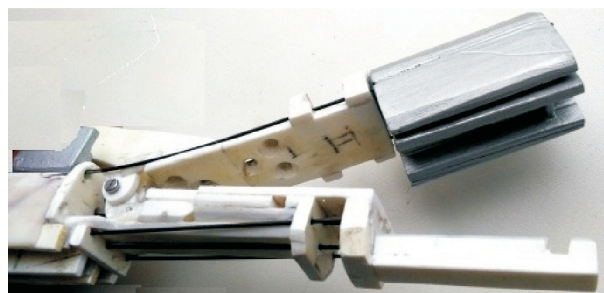


Рис. 3. Внешний вид верхней губки с обеими накладками



Рис. 4. Внешний вид накладок, расположенных на двух губках

- раскрытие захвата и выведение губок из-за второй нити.

Следует отметить, что такой захват можно использовать как обычный зажим, для чего он должен находиться в состоянии, показанном на рис. 4.

После изготовления макета захвата проводили его испытания по выполнению манипуляций с двумя нитями в процессе завязывания узлов, показавшие эффективность его применения и надежность работы механики. В дальнейшем требуется решить задачу миниатюризации конструкции до размера стандартного инструмента, имеющего диаметр 5 или 10 мм и подбор подходящих материалов для надежной работы устройства в подобных габаритных размерах.

Необходимо также усовершенствовать механизмы фиксирующих стержней вследствие сложности управления рассмотренным захватом.

Выводы

1. Наличие определенного инструментария в лапароскопии, пригодного для сшивания тканей, не отменяет необходимости разработки новых конструкций, облегчающих труд хирурга и повышающих качество выполняемых работ, и как следствие, снижение вероятности возможных послеоперационных осложнений.

2. Важными характеристиками разрабатываемого инструмента являются надежность, удобство обслуживания и стерилизации, а также определенная степень универсальности для проведения нескольких видов манипуляций одним и тем же инструментом.

3. Разработка инструментов должна включать в себя такой аспект, как эргономика, и иметь целью облегчение труда хирурга, снижение его утомляемости и создание комфортных условий работы.

Литература

- [1] Ганиев Р.Ф., Глазунов В.А., Филиппов Г.С. Актуальные проблемы машиноведения и пути их решения. Волновые и аддитивные технологии, станкостроение, роботохирургия. *Проблемы машиностроения и надежности машин*, 2018, № 5, с. 16–25.
- [2] Велиев Е.И., Ганиев Р.Ф., Глазунов В.А. и др. Ассистирующие роботохирургические комплексы для малоинвазивных операций. *Проблемы машиностроения и надежности машин*, 2022, № 3, с. 83–94.
- [3] Kuo C.H., Dai J.S., Dasgupta P. Kinematic design considerations for minimally invasive surgical robots: an overview. *Int. J. Med. Robot.*, 2012, vol. 8, no. 2, pp. 127–145, doi: <https://doi.org/10.1002/rcs.453>
- [4] Егиев В.Н., ред. *Хирургия «малых пространств»*. Москва, Медпрактика-М, 2002. 54 с.
- [5] Емельянов С.И., Феденко В.В., Матвеев Н.Л. Эндоскопическая хирургия: status praesens и перспективы. *Эндоскопическая хирургия*, 1995, № 1, с. 9–14.
- [6] Глушков П.С., Азимов Р.Х. *Пациенту хирургического стационара просто о сложном*. Москва, Знание, 2020. 228 с.
- [7] Богданов А.Б., Велиев Е.И., Соколов Е.А. и др. Сравнительная оценка робот-ассистированной, открытой и лапароскопической резекции почки. *Московская медицина*, 2018, № 1, с. 51–58.
- [8] Велиев Е.И., Ганиев Р.Ф., Глазунов В.А. и др. Перспективные малоинвазивные роботохирургические комплексы параллельной структуры. *Доклады РАН. Физика, технические науки*, 2020, т. 495, № 1, с. 84–88, doi: <https://doi.org/10.31857/S2686740020060206>
- [9] Егиев В.Н. *Волшебный мир шивающих аппаратов*. Москва, Центр, 1995. 176 с.
- [10] Емельянов С.И., Федоров И.В., ред. *Инструменты и приборы для малоинвазивной хирургии*. Санкт-Петербург, Человек, 2004. 143 с.
- [11] Diana M., Marescaux J. Robotic surgery. *Br. J. Surg.*, 2015, vol. 102, no. 2, pp. 15–28, doi: <https://doi.org/10.1002/bjs.9711>
- [12] Горячева И.Г., Яковенко А.А. Задачи механики контактных взаимодействий при разработке зажимных медицинских инструментов. *Проблемы динамики взаимодействия деформируемых сред. Тр. IX межд. конф.*, 2018, с. 128–132.
- [13] Тургунов Е.М., Нурбеков А.А. *Хирургические инструменты*. Караганда, КГМА, 2008. 24 с.

- [14] Ганиев Р.Ф., Глазунов В.А., Глушков П.С. и др. Разработка новых инструментов для эндоскопических хирургических операций. *Проблемы машиностроения и надежности машин*, 2023, № 3, с. 70–77.
- [15] Ганиев Р.Ф., Глазунов В.А., Глушков П.С. и др. *Захват-ассистент*. Патент РФ 219928. Заявл. 20.02.2023, опубл. 14.08.2023.

References

- [1] Ganiev R.F., Glazunov V.A., Filippov G.S. Urgent problems of machine science and ways of solving them: wave and additive technologies, the machine tool industry, and robot surgery. *Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin*, 2018, no. 5, pp. 16–25. (In Russ.). (Eng. version: *J. Mach. Manuf. Reliab.*, 2018, vol. 47, no. 5, pp. 399–406, doi: <https://doi.org/10.3103/S1052618818050059>)
- [2] Veliev E.I., Ganiev R.F., Glazunov V.A. et al. Assisting robotic surgical complexes for minimally invasive operations. *Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin*, 2022, no. 3, pp. 83–94. (In Russ.). (Eng. version: *J. Mach. Manuf. Reliab.*, 2022, vol. 51, no. 3, pp. 261–270, doi: <https://doi.org/10.3103/S1052618822030128>)
- [3] Kuo C.H., Dai J.S., Dasgupta P. Kinematic design considerations for minimally invasive surgical robots: an overview. *Int. J. Med. Robot.*, 2012, vol. 8, no. 2, pp. 127–145, doi: <https://doi.org/10.1002/rcs.453>
- [4] Egiev V.N., ed. *Khirurgiya «malykh prostranstv»* [Surgery of “small spaces”]. Moscow, Medpraktika-M Publ., 2002. 54 p. (In Russ.).
- [5] Emelyanov S.I., Fedenko V.V., Matveev N.L. Endoscopic surgery: status praesens and perspectives. *Endoskopicheskaya khirurgiya*, 1995, no. 1, pp. 9–14. (In Russ.).
- [6] Glushkov P.S., Azimov R.Kh. *Patsientu khirurgicheskogo stacionara prosto o slozhnom* [Patient of surgical hospital just about difficult]. Moscow, Znanie Publ., 2020. 228 p. (In Russ.).
- [7] Bogdanov A.B., Veliev E.I., Sokolov E.A. et al. Comparative evaluation of robot-assisted, open and laparoscopic kidney resection. *Moskovskaya meditsina*, 2018, no. 1, pp. 51–58. (In Russ.).
- [8] Veliev E.I., Ganiev R.F., Glazunov V.A. et al. Promising minimally invasive robotic surgical complexes with parallel structure. *Doklady RAN. Fizika, tekhnicheskie nauki*, 2020, vol. 495, no. 1, pp. 84–88, doi: <https://doi.org/10.31857/S2686740020060206> (in Russ.). (Eng. version: *Dokl. Phys.*, 2020, vol. 65, no. 11, pp. 409–412, doi: <https://doi.org/10.1134/S1028335820110099>)
- [9] Egiev V.N. *Volshebnyy mir sshivayushchikh apparatov* [Magic world of stitching devices]. Moscow, Tsentr Publ., 1995. 176 p. (In Russ.).
- [10] Emelyanov S.I., Fedorov I.V., eds. *Instrumenty i pribory dlya maloinvazivnoy khirurgii* [Instruments and devices for minimally invasive surgery]. Sankt-Petersburg, Chelovek Publ., 2004. 143 p. (In Russ.).
- [11] Diana M., Marescaux J. Robotic surgery. *Br. J. Surg.*, 2015, vol. 102, no. 2, pp. 15–28, doi: <https://doi.org/10.1002/bjs.9711>
- [12] Goryacheva I.G., Yakovenko A.A. [Problems of mechanics of contact interactions in the development of clamping medical instruments.]. *Problemy dinamiki vzaimodeystviya deformiruemykh sred. Tr. IX mezhd. konf.* [Problems of dynamics of interaction of deformable media. Proc. IX Int. Conf.], 2018, pp. 128–132. (In Russ.).
- [13] Turgunov E.M., Nurbekov A.A. *Khirurgicheskie instrumenti* [Surgical instruments]. Karaganda, KGMA Publ., 2008. 24 p. (In Russ.).
- [14] Ganiev R.F., Glazunov V.A., Glushkov P.S. et al. Development of new tools for endoscopic surgical operations. *Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin*, 2023, no. 3, pp. 70–77. (In Russ.). (Eng. version: *J. Mach. Manuf. Reliab.*, 2023, vol. 52, no. 3, pp. 256–261, doi: <https://doi.org/10.3103/S1052618823030056>)
- [15] Ganiev R.F., Glazunov V.A., Glushkov P.S. et al. *Zakhvat-assistent* [Grip-assist]. Patent RU 219928. Appl. 20.02.2023, publ. 14.08.2023. (In Russ.).

Информация об авторах

ШАЛЮХИН Константин Андреевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела механики машин и управления машинами. Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (101001, Москва, Российская Федерация, Малый Харитоньевский пер., д. 4, e-mail: constmeister@gmail.com).

ЛЕВИН Сергей Владимирович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела механики машин и управления машинами. Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (101001, Москва, Российская Федерация, Малый Харитоньевский пер., д. 4, e-mail: levin-box2@rambler.ru).

СКВОРЦОВ Сергей Александрович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела механики машин и управления машинами. Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (101001, Москва, Российская Федерация, Малый Харитоньевский пер., д. 4, e-mail: 1691scvortcov@mai.ru).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Шалюхин К.А., Левин С.В., Скворцов С.А. Разработка эндоскопического захвата для сшивания тканей при лапароскопических операциях. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2024, № 7, с. 40–45.

Please cite this article in English as:

Shalyukhin K.A., Levin S.V., Skvortsov S.A. Design and development of an endoscopic gripper for tissue suturing in the laparoscopic operations. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2024, no. 7, pp. 40–45.

Information about the authors

SHALYUKHIN Konstantin Andreevich — Candidate of Science (Eng.), Senior Researcher, Department of Mechanics of Machines and Control over Machines. Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences (101001, Moscow, Russian Federation, Maliy Kharitonyevskiy Lane, Bldg. 4, e-mail: constmeister@gmail.com).

LEVIN Sergey Vladimirovich — Candidate of Science (Eng.), Senior Researcher, Department of Mechanics of Machines and Control over Machines. Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences (101001, Moscow, Russian Federation, Maliy Kharitonyevskiy Lane, Bldg. 4, e-mail: levin-box2@rambler.ru).

SKVORTSOV Sergey Alexandrovich — Candidate of Science (Eng.), Senior Researcher, Department of Mechanics of Machines and Control over Machines. Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences (101001, Moscow, Russian Federation, Maliy Kharitonyevskiy Lane, Bldg. 4, e-mail: 1691scvortcov@mai.ru).



Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана предлагает читателям материалы XVI Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (с международным участием) в 2-х томах «Будущее машиностроения России»

В сборник включены доклады, представленные на XVI Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России», которая состоялась в сентябре 2023 г. в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Структура сборника отражает тематическую направленность конференции.

В первый том сборника вошли доклады секций А и Б. Во второй том сборника вошли доклады секций В–Д, Ж–И. Тексты докладов размещены в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;
press@bmstu.ru; <https://press.bmstu.ru>