



УДК 625.08

**Габдуллин Т.Р.** – кандидат технических наук, доцент

E-mail: talgat2204@mail.ru

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

## **Вырезание технологических отверстий в дорожном покрытии**

### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Целью работы являлась оптимизация рабочего процесса при вырезании технологических отверстий под люки в новой дорожной одежде, а также ремонте дорожного покрытия при проседании люков на основе применения более универсального оборудования, позволяющего вырезать любые рабочие геометрические формы необходимые для проведения установочных или ремонтных работ.

*Результаты.* Предлагается проект оборудования способного вырезать отверстия в дорожном покрытии достаточно точно по размерам, разных по геометрическим формам, без ущерба окружающей среде и заметным экономическим эффектом. Проведен анализ технологий и оборудования известных иностранных производителей широко применяемых в дорожной отрасли РФ. Выявлены их преимущества и недостатки. На основе проведенного анализа предлагается более совершенный способ вырезания технологических отверстий в дорожном покрытии, основанный на применении предлагаемого оборудования.

*Выводы.* Разработана конструкция предлагаемого оборудования. Описана особенность его применения. Рассчитана сравнительная экономическая эффективность внедрения предлагаемых технологии и разработки. Установлено, что внедрение предложенной технологии и оборудования для нарезания технологических отверстий является экономически более выгодным (~24 %) по сравнению с действующими аналогами иностранного производства.

**Ключевые слова:** дорожное покрытие, отверстие, трещина, технология, оборудование, фреза, прочность, ремонт, качество, эффективность.

### **Введение**

На автомобильных дорогах в результате постоянных нагрузок и негативных климатических воздействий возникают различные типы разрушений дорожного покрытия (шелушение, выкрашивание, трещины, сколы, выбоины, ямы, скользкость, колеи и др.).

Результатом разрушений являются некомфортная езда, образование дорожных «пробок», поломки автомобилей и, самое опасное, возникновение аварийных ситуаций и снижение безопасности движения на дорогах.

Полноценная замена дорожного покрытия обходится налогоплательщикам дорого. Поэтому дорожные службы всего мира ежегодно выполняют значительные объемы работ по ликвидации появившихся дефектов и разрушений локально. Практикой установлено, что поверхность дорожного покрытия, нуждающаяся в локальном текущем ремонте, ежегодно может составлять до 3...5 % от общей площади покрытия дороги или ее участка [1].

### **Постановка задачи**

При укладке нового дорожного покрытия или проведении ремонтно-восстановительных работ возникает необходимость нарезания технологических отверстий различного назначения (канализационные и смотровые люки, «ливневки» и др.). Данные работы являются трудоемкими как при вырезании технологических отверстий в новом дорожном покрытии, так и при проведении ремонтно-восстановительных работ по ликвидации разрушений дорожного покрытия по периметру люков или при их проседании.

Наблюдения показывают, что работы по нарезанию таких отверстий выполняются дорожными рабочими, как правило, с применением ручного механизированного

инструмента (отбойные молотки и лопаты, обычный лом и др.). При применении подобного инструмента кромка дорожного покрытия получается с неравномерной трещиноватой структурой. В трещины проникает вода и при переходах через нулевые температурные отметки дорожное покрытие разрушается.

Решение обозначенной проблемы требует применения специализированного высокотехнологичного оборудования.

Данная проблема в настоящее время активно изучается. Производителями машин и оборудования для дорожной отрасли предложено разнообразное оборудование для подготовки отверстий в дорожном покрытии.

При типовом локальном ремонте производится разметка границ ремонта дорожных ям прямыми линиями вдоль и поперек оси дороги с перекрытием неразрушенного слоя покрытия на 3...5 см, при этом несколько близко расположенных ям объединяют одним контуром или картой. Затем производится вырезка, вырубка или холодное фрезерование материала дорожного покрытия по очерченному контуру на всю глубину ямы, но не менее толщины слоя покрытия, при этом боковые стенки должны быть вертикальными.

Существующие методы проведения подобных работ имеют ряд недостатков, которые требуют своего устранения. Например, при холодном фрезеровании (рис. 1), стенки имеют закругления, что не соответствует требованиям действующих ТУ, СНиП и ГОСТ.

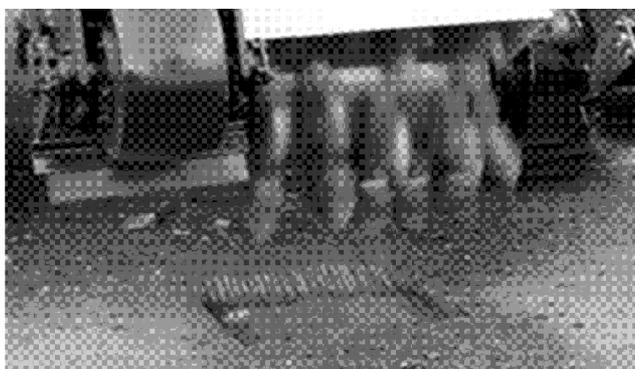


Рис. 1. Пример холодного фрезерования поврежденного сегмента дорожного покрытия

В качестве примера можно также отметить, что при вырезке контура диск нарезчика швов заходит на часть дороги не подлежащую механическому воздействию и образуется перекрестие (рис. 2) концентрации напряжений и в дальнейшем, как результат, начинается разрушение дорожного полотна.

Острым также является вопрос полной автоматизация рабочих процессов и снижение степени влияния человеческого фактора на качество выполняемых работ.

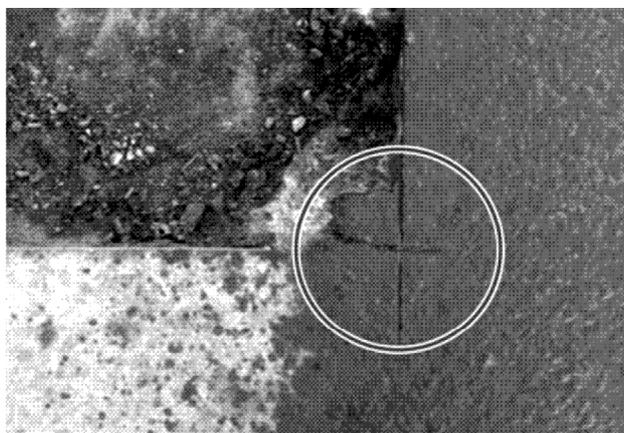


Рис. 2. Пример перекрестия при вырезке контура нарезчиком швов

### **Обзор существующих технологий и оборудования для вырезания технологических отверстий в дорожном покрытии**

Стремление к созданию высокоточных и технологически правильных рабочих выемок, как в новой (для первоначальной установки люков), так и в старой дорожной одежде (для ремонта просевших люков) и при этом максимальное исключение влияния человеческого фактора на результат работ требует от производителей все более эффективных технических решений.

Ручной труд в данной области в основном искоренен. Техника всегда сделает быстрее и точнее, чем человек. Поэтому разработано и разрабатываются большое количество дорожных машин и оборудования для уменьшения человеческого фактора, а также повышения качества и скорости выполнения ремонтных работ.

Наиболее распространенным и универсальным инструментом являются отбойные молотки, значительно облегчившие работу дорожных работников. Они до сих пор используются в дорожной отрасли и, ни одно новое оборудование пока не может вытеснить их полностью.

Недостатками отбойных молотков являются:

- вибрация и шум от работы, передаваемые на рабочего, что ведет к ухудшению его здоровья;
- грубая и неравномерная обработка дорожного покрытия, которая существенно снижает качество проводимых ремонтных работ;
- малая производительность.

Другим важным инструментом при проведении ремонтных работ дорожного покрытия является нарезчик швов (рис. 3), или как его еще называют швонарезчик. Применяется он при ремонте имеющихся или при строительстве новых дорог и автомагистралей, если необходимо снять слой с участка дорожного полотна. Швонарезчик отличается простотой в управлении и обслуживании. Оператор настраивает агрегат в зависимости от вида поверхности и с помощью специальных рукояток управляет, тем самым выполняя процесс, то есть, по сути, весь процесс полностью автоматизирован.

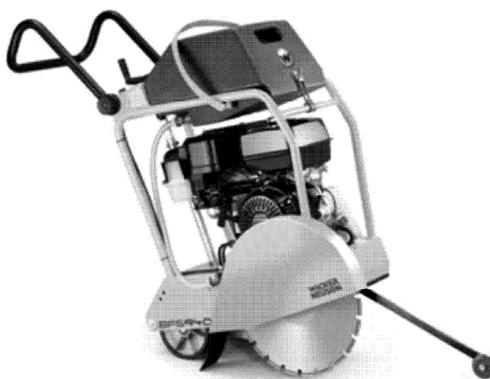


Рис. 3. Нарезчик швов. Общий вид

Однако данное оборудование тоже имеет ряд недостатков:

- применяться самостоятельно без отбойного молотка для разработки выбоин и просевших люков оно не может;
- не возможна глубокая обработка круглого контура вокруг просевших смотровых колодцев;
- при нарезании швов прямоугольным образом, на пересечении швов образуются перекрестия, от которых в дальнейшем начинаются новые разрушения.

Следующим наиболее распространенным и востребованным оборудованием при проведении ремонтных работ дорожного покрытия вокруг дорожных люков являются навесные фрезы. С их помощью устраняются колеи дорожного покрытия, наплывы, разрушается старое покрытие, устраняются выбоины и т.д. Некоторые виды навесных дорожных фрез позволяют проводить фрезерование вблизи стен, у основ столбов или свай. Навесные дорожные фрезы отличаются компактными размерами и используются как на

больших площадках, так и в узких местах. Они могут крепиться на трактора, погрузчики, мини-погрузчики и экскаваторы, например навесная фреза ДЭМ-121 (рис. 4) [1].

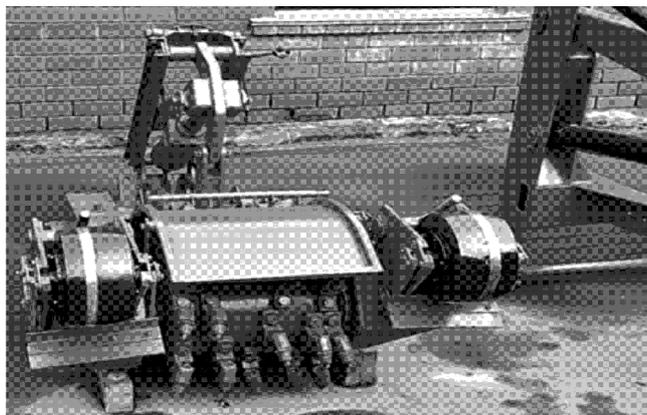


Рис. 4. Общий вид навесной фрезы ДЭМ-121

К недостаткам навесных фрез можно отнести их эффективную применимость только для относительно прямых участков. С их помощью невозможен качественный ремонт просевших смотровых люков, а также создание отверстий для устройства люков в новой дорожной одежде.

Фрезерование вокруг люков можно проводить холодными фрезами малых размеров. При помощи малой фрезы можно снимать покрытие вокруг люков на точно заданную глубину. Чтобы обнажить люк, малой фрезе требуется объехать его один раз, как показано на рис. 5.

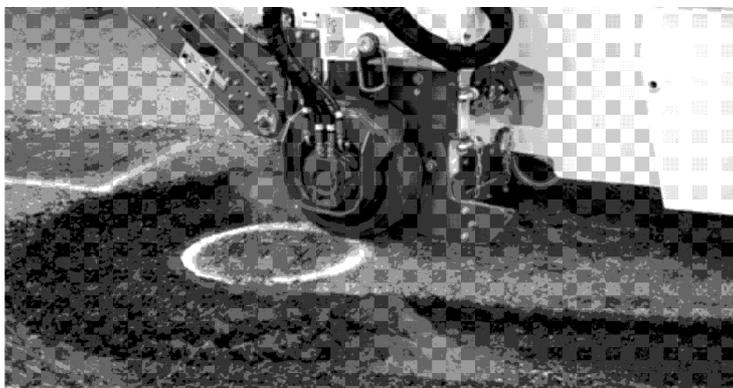


Рис. 5. Фрезерование вокруг люков

Такая фреза может выполнять резание дорожного покрытия в непосредственной близости от люков, что, однако не исключает необходимость последующей обработки иными агрегатами.

В настоящее время иностранные производители, особенно немецкие, для вырезания отверстий в дорожной одежде для устройства люков, а также для ремонтных работ при их проседании стали предлагать специализированные фрезы типа Stehr SKF 950 (рис. 6).

Однако и данное оборудование не лишено недостатка. Недостатком этой фрезы является не универсальность рабочего органа. Учитывая, что каждый люк может иметь разный диаметр и глубину повреждений, требуется транспортировать на специальном транспорте комплект сменных режущих крон. Это влечет дополнительные финансовые затраты и времени на смену крон.

Полностью идентичный принцип работы, а также строение имеет оборудование американского производства PRO-CUTTER Model 1160.

Можно перечислить другое подобное оборудования известных производителей. Но детальное исследование их рабочих возможностей показывает, что общим недостатком приведенного оборудования является их не универсальность в применении. Они могут выполнять лишь одну технологическую операцию. При выполнении полного технологического цикла практически все они требуют использование дополнительной техники и оборудования.



Рис. 6. Общий вид фрезы для вырезания люков Stehr SKF 950

### Конструкторская часть

В настоящее время все производители дорожно-строительных машин и оборудования стараются придать выпускаемой продукции максимальную универсальность. Универсальность технической продукции является не переменным условием его конкурентности на рынке сбыта. Предлагаемое автором оборудование отвечает требованиям универсальности, позволяет оптимизировать рабочие процессы технологического цикла назначения, исключает физическое участие человека и минимизирует применение вспомогательного дополнительного оборудования при выполнении работ.

Данное оборудование работает аналогично фрезерным станкам с автоматизированным управлением. Рабочим органом является фрезерная насадка.

Разрабатываемое оборудование состоит из следующих основных частей (рис. 7).

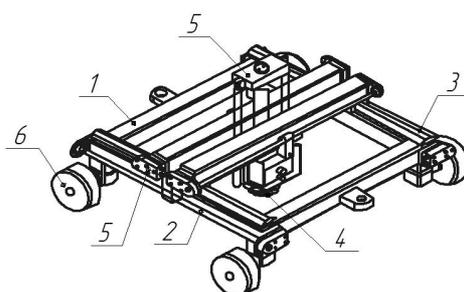


Рис. 7. Общее устройство оборудования для вырезания отверстий в дорожной одежде:

- 1 – рама; 2 – винтовой привод; 3 – рельс;  
4 – фрезерный наконечник; 5 – гидромотор; 6 – колесо

Основным рабочим органом разрабатываемого оборудования является фрезерный наконечник оснащенный резцами типа РБЦ-38 (рис. 8) и имеющими возможность перемещения в 3-х плоскостях. Это позволяет производить фрезерование дорожного покрытия любой геометрической формы на глубину до 300 мм. Для увеличения производственных возможностей оборудования наконечник может быть исполнен в вариантах работы, как по бетону, так и по асфальтобетону. Все движение обеспечивается гидромоторами.

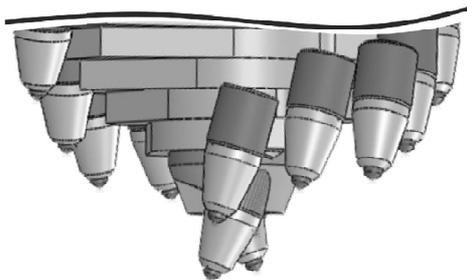


Рис. 8. Фрезерный наконечник

Отличительной чертой конструируемого оборудования является вертикальное фрезерование. Фреза вращается относительно вертикальной оси, приводится в движение гидромотором мощностью 10 кВт с частотой вращения до 400 об/мин. Перемещения наконечника в вертикальной и горизонтальной плоскостях обеспечиваются винтовыми передачами, которые приводятся в движение четырьмя гидромоторами мощностью 2 кВт с частотой вращения до 60 об/мин. Диаметр и геометрическая форма фрезерования контролируются логистической информационной системой. Гидромоторы работают от гидростанции машины для транспортировки.

Рабочая зона воздействия фрезерного наконечника изображена на рис. 8 и равна  $2,25 \text{ м}^2$ . При фрезеровании поверхности дорожного покрытия прямоугольных форм углы получаются закругленными исключая концентрацию угловых напряжений.

Диаметр фрезерования задается программным обеспечением и выбирается в зависимости от вида ремонта и типа люков. Вырезка материала вокруг одного люка занимает от 3 до 9 минут в зависимости от материала покрытия дороги и глубины фрезерования. Резцы рассчитаны на вырезку в среднем до 130 люков, их замена производится быстро и является мало затратной. Для точной установки люка относительно поверхности дороги устанавливается нивелирующее кольцо.

При устройстве технологических отверстий в новой дорожной одежде перед укладкой слоев дорожного покрытия люк накрывается глухой крышкой, центр которой отмечается геопозиционной отметкой с помощью GPS приборов. Это необходимо для последующей отцентровки фрезы. Затем производится укладка материала дорожного покрытия, его уплотнение и отвердевание. После того как асфальт набрал прочность по геопозиции находится центр люка, над которым устанавливается конструируемое оборудование. Фрезерование происходит по спирали от середины к краям и обратно, послойно от 50 до 80 мм глубиной, до требуемой (проектной) глубины. В созданную площадку устанавливается нивелирующее кольцо и на него устанавливается люк. После этого края люка заполняются материалом дорожного покрытия и уплотняются до уровня дорожного полотна. Таким образом, люки будут установлены на заданную (проектную) высоту.

### Расчет прочности конструкции

Во время работы фрезы на ее узлы действуют различные нагрузки [3]. Выполнение прочностного расчета для сложно нагруженного состояния при отсутствии специализированного программного обеспечения является затруднительным. Основные нагрузки приходятся на раму, а также на проушину при перемещении оборудования. При работе возникает вибрация, рама испытывает деформации изгиба [3]. В данном случае расчет прочности конструкции авторами был проведен с использованием методов прочностного анализа системы APM WinMachine [4, 6].

Для проведения расчетов материал рамы и проушины был принят: круг ГОСТ 2590-2006; 20-ЗПП-М1-ТВ2 ГОСТ 1050-2013 и заданы нагрузки, идентичные тем, что возникают при работе дорожных фрезерных головок.

Проведенные расчеты и их анализ позволили определить основные геометрические размеры конструкции (рис. 9) в зависимости от условий эксплуатации, выбранных материалов и ряда других факторов.

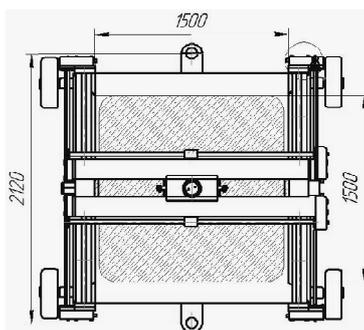


Рис. 9. Область фрезерования

### Экологическая безопасность

Предлагаемое оборудование работает методом холодного фрезерования. Нагрев дорожной поверхности, отслаивание и разделение битума от заполнителя не происходит. Следовательно, применение данного оборудования в ходе дорожных работ не наносит вреда окружающей среде.

### Заключение

При расчетах по экономическому обоснованию данного проекта были учтены примерные затраты на его изготовление, внедрение и эксплуатацию [7, 8]. Полученные результаты были сопоставлены с аналогичными расходами подобного по назначению оборудования иностранных производителей.

Качественное создание отверстий даст дополнительную экономическую выгоду через увеличение сроков эксплуатации дорожного покрытия.

Данное сравнение подтвердило рентабельность и быструю окупаемость самого оборудования. Расчеты показали, что внедрение предложенной технологии и оборудования для нарезания технологических отверстий является экономически более выгодным (~24 %) по сравнению с действующими аналогами иностранного производства.

### Список библиографических ссылок

1. Бургунутдинов А. М., Юшков В.С. Машины для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог. Часть 4: Асфальтобетонные и цементобетонные заводы. Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. 170 с.
2. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. М. : Машиностроение, 2001. 920 с.
3. Александров А. В., Потапов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов 7-е изд. М. : Высшая школа, 2009. 560 с.
4. Горбачев А. Г. Современные методы расчета ПТМ на прочность, выносливость и долговечность при курсовом и дипломном проектировании. Свердловск: УПИ, 2016. 48 с.
5. Подольский В. П. Технология и организация строительства автомобильных дорог». Дорожные покрытия. М. : Академия, 2012. 304 с.
6. Шелофаст В. В., Чугунова Т. Б. Основы проектирования машин. Пример решения задач. М. : АПМ, 2004. 240 с.
7. Горфинкель В. Я., Швандар В. А. Экономика предприятия. М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2009. 670 с.
8. Абрамов А. Т. Экономическое обоснование инженерных задач в дипломных проектах: методические рекомендации. Барнаул : АГАУ, 2002. 68 с.
9. Габдуллин Т. Р., Зимдеханов М. М. Разработка демаркировщика с гидродинамическим рабочим органом кавитационного типа // Известия КГАСУ, 2014, № 4 (30). С. 464–469.
10. Шарапов Р. Р., Романович А. А., Харламов Е. В. Строительные и дорожные машины и оборудование: лабораторный практикум. Белгород : БГТУ, 2014. 125 с.
11. Сахапов Р.Л., Махмутов М.М. Влияние исследуемых факторов на производительность дорожной фрезы // Известия КГАСУ, 2014. № 4 (30). С. 497–502.

**Gabdullin T.R.** – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [talgat2204@mail.ru](mailto:talgat2204@mail.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

### Cutting technological holes in the road surface

*Problem statement.* The aim of the work was to optimize the workflow process when cutting holes for the hatches in the new pavement and repair of road surface under hatches' subsidence on the basis of the use of more universal equipment, allowing to cut any working geometric forms that are necessary for carrying out the installation or repair work.

*Results.* Proposes a draft of equipment able to cut holes in the road surface sufficiently of accurate size, of different geometric shapes, without damage to the environment and the notable economic effect.

Analyzed the technology and equipment of famous foreign manufacturers widely used in the road sector of the Russian Federation. Their advantages and disadvantages identified. Based on the analysis a better way of cutting technological holes in the road surface with the use of the proposed equipment was offered.

*Conclusions.* Developed a design of a proposed equipment. Described the features of its application. We calculated the relative economic efficiency of the implementation of the proposed technology and development. It is found that the introduction of the proposed technology and equipment for cutting the technological holes is more cost-effective (~ 24 %) compared with the current production of foreign counterparts.

**Keywords:** road surface, hole, crack, technology, equipment, cutter, durability, maintenance, quality, efficiency.

### References

1. Burgonutdinov A. M., Yushkov V. S. Machinery for construction, repair and maintenance of roads. Part 4: Asphalt and cement concrete plants. Perm : Publishing house of Perm. nat. issled. Polytechnic. University Press, 2015. 170 p.
2. Anuriev V. I. Reference Design-mechanic. In 3 Vols. M. : Mechanical Engineering, 2001. 920 p.
3. Alexandrov A. V., Potapov V. D., Derzhavin B. P. Strength of Materials 7-th ed. M. : Higher School, 2009. 560 p.
4. Gorbachev A. G. Modern methods of calculating machines for strength, endurance and durability at course and degree designing. Sverdlovsk : UPI, 2016. 48 p.
5. Podolsky V. P. Technology and organization of construction of highways. Road coverage. M. : Academy, 2012. 304 p.
6. Shelofast V. V., Chugunova T. B. Fundamentals of Machine Design. Example of solving problems. M. : TMA, 2004. 240 p.
7. Gorfinkel V. Y., Shvandara V. A. Business Economics. M. : UNITY-DANA, 2009. 670 p.
8. Abramov A. T. Economic justification of engineering problems in the graduation projects: methodological recommendations. Barnaul : ASAU, 2002. 68 p.
9. Gabdullin T. R., Zimdehanov M. M. Development of the machine to remove the markup with hydrodynamic cavitation working body type // Izvestiya KGASU, 2014, № 4 (30). P. 464–469.
10. Sharapov R. R., Romanovich R. A., Kharlamov E. V. Building and road machines and equipment: laboratory practical. Belgorod : Publishing House of the Baltic State Technical University, 2014. 125 p.
11. Sahapov R. L., Makhmutov M. M. Influence of investigated factors on the performance of road milling machine // Izvestiya KGASU, 2014. № 4 (30). P. 497–502.