

М.С. Джуматаев

УДК 621.01

## **ӨЗГӨРҮЛМӨ ТҮЗҮЛҮШТӨГҮ МЕХАНИЗМДЕРДИН НАЗАРИЯТЫ КАЛЫПТАНУУСУНДАГЫ ЖАНА ӨНҮГҮҮСҮНДӨГҮ С. АБДРАИМОВДУН ОРДУ**

### **РОЛЬ С.АБДРАИМОВА В СТАНОВЛЕНИИ И РАЗВИТИИ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ**

### **THE ROLE OF S. ABDRAIMOV IN THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF THE THEORY OF MECHANISMS VARIABLE STRUCTURE**

*М.С. Джуматаев*

*M.S. Djumataev*

*Макалада «өзгөрүлмө түзүлүштөгү механизмдер» деген түшүнүктүн пайда болуусу, алардын аныктамалары, кыргыз окумуштуу-механиктери качантан баштап ал механизмдер менен алектене баштоосу тууралуу кыскача маалымат берилет. Кыргызстанда алгачкы болуп профессор С.Абдраимов Жердин жандоочу болгон Айдын кыртышын изилдөөдө колдонулган бургулоочу автоматтын ургулоочу механизмдин, металлды басым менен иштетүүчү тестерде колдонууга сунуш кылып, ал механизмди «өзгөрүлмө түзүлүштөгү механизм» деп атаган. Башка багытта колдонуу үчүн ал механизмге өзгөртүүлөрдү киргизүү зарыл болгон. Ошондуктан С. Абдраимов жетектеген кыргыз окумуштууларынын илимий изилдөөлөрүнүн натыйжасында өзгөрүлмө түзүлүштөгү механизмдердин назарияттык негиздери иштелип чыгып, иш жүзүндө колдонулуп мындай механизмдердин негизинде ондогон механизмдердин жана машиналардын конструкциясы иштелип чыккан. Макалада, хронологиялык негизде, бул механизмдердин назарияттык жана иш жүзүндөгү өнүгүшүнө салым кошкон Кыргызстандык окумуштуулардын салымы белгиленген.*

*В статье рассматриваются вопросы появления понятия «механизмы переменной структуры», известные к настоящему времени определения этих механизмов, а также начало работ кыргызских ученых в этом направлении. В Кыргызстане впервые понятие «механизмы переменной структуры» было использовано профессором С.Абдраимовым в связи с применением ударного механизма бурового автомата для бурения грунта лунной поверхности в прессах для обработки металлов давлением. Однако для использования данного механизма в прессах было необходимо внести изменения в схему механизма, а также в методы расчета. В связи с этим под научным руководством С.Абдраимова были начаты*

исследования по разработке теоретических основ расчета и практического использования механизмов переменной структуры. В статье, в хронологическом порядке приведен вклад кыргызстанских ученых в развитие теоретических разработок механизмов переменной структуры и их практической реализации.

*The article deals with the emergence of the concept of «variable structure mechanisms», the definitions of these mechanisms known to date, as well as the beginning of the works of Kyrgyz scientists in this direction. In Kyrgyzstan for the first time the concept of «variable structure mechanism» was used by Professor S. Abdraimov in connection with the application of percussion mechanism of the drilling machine for drilling the soil of the Lunar surface in presses for metal pressure treatment. However, in order to use this mechanism in presses, it was necessary to make changes in the scheme of the mechanism, as well as in the methods of calculation. In this connection, under the scientific guidance of S. Abdraimov, studies on the development of theoretical bases of calculation and practical use of mechanisms of variable structure were initiated. In the article, in chronological order, the contribution of Kyrgyz scientists to the development of theoretical developments of variable structure mechanisms and their practical realization is given.*

**Түйүн сөздөр:** өзгөрүлмө түзүлүштөгү механизмдер, допиолуу-калтектуу механизмдер, тес-автоматтар, тескери кыймыл даражасы, илимди уюштуруучу, эки өзгөчө абалдуу механизм, эки ийримуунактуу механизм, ургулоочу механизм.

**Ключевые слова:** механизмы переменной структуры, шарнирно-рычажные механизмы, пресс-автоматы, отрицательная степень подвижности, организатор науки, механизм с двумя особыми положениями, двухкривошипный механизм, ударный механизм.

**Key words:** variable structure mechanisms, Hinge-lever mechanisms, automatic presses, negative degree of mobility, science organizer, mechanism with two special positions, double crank mechanism, impact mechanism.

Понятие «механизмы переменной структуры» в отношении теории механизмов и машин имеет давнюю историю. Причем в определение понятия авторы прикладывали различные факторы, раскрывающие суть этих механизмов. Наиболее широкое определение дано в работе Антонюка Е.Я. [1]: «...к механизмам переменной структуры относятся такие механизмы, в которых происходит мгновенное изменение числа звеньев, кинематических пар и их подвижности, геометрических размеров, инерционных и упругих параметров звеньев, кинематических передаточных функций

отдельных контуров механических цепей, вырождение и последующее восстановление структуры цепей». Согласно этому определению, механизм переменной структуры включает в себя изменение не только структурных параметров, но и мгновенное изменение геометрических, кинематических и динамических параметров.

В кыргызской школе ученых-механиков исследование механизмов переменной структуры берет начало с работ, посвященных разработке научных основ расчета и конструирования быстроходных, высокопроизводительных пресс-автоматов. В начале 80-х годов прошлого столетия в Институте автоматике АН Киргизской ССР были начаты исследования по созданию 10-тонного пресс-автомата с манипулятором для штамповки изделий из листовых материалов, получившего название ФПА-10АО. Используемые в то время на производстве аналогичные пресс-автоматы с муфтами включения не позволяли существенно увеличить производительность оборудования. Тогда С.Абдраимов предложил использовать шарнирно-рычажный механизм, примененный в качестве привода ударного механизма на бурильном автомате станции «Луна-24» (рис.1). Но в том автомате шарнирно-рычажный механизм использовался в качестве механизма взвода бойка-ударника и в передаче импульса непосредственно не принимал участия, т.е. звенья механизма не воспринимали нагрузку в момент взаимодействия инструмента с обрабатываемой средой.

Идея перевода механизма с одного вида на другой посредством изменения одного из его геометрического параметра была использована С.Абдраимовым при создании прессов для обработки давлением. На рисунке 2 показана схема пресс-автомата, в которой применен шарнирно-рычажный механизм включения исполнительного органа пресса.

Идея использования этого механизма возродило понятие механизма переменной структуры из-за того, что этот механизм за полный оборот его ведущего звена меняет свою структуру, переходя из кривошипно-коромыслового механизма в кривошипно-ползунный и обратно.

Следует отметить, что в кандидатских диссертациях Алмаматова М.З. и Джуматаева М.С. рассматривались вопросы

кинематики, динамики и методов конструирования безмуфтовых прессов, термин «механизмы переменной структуры» еще не был использован. Впервые в кыргызской школе ученых механиков по отношению к шарнирно-рычажным механизмам понятие «механизмы переменной структуры» было применено С.Абдраимовым [1]. В диссертации на соискание доктора наук и в монографии, вышедшей на основе диссертации, говорится, что «создана оригинальная конструкция пресс-автомата Уста с механизмом переменной структуры», однако определение понятия механизма переменной структуры не раскрывалось.

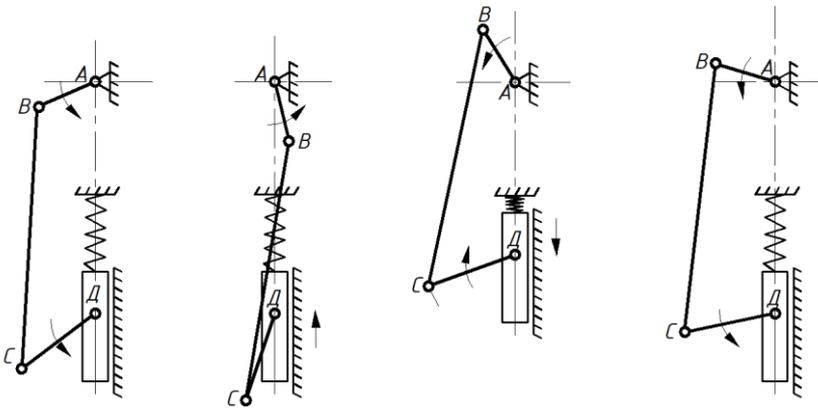


Рисунок 1 – Механический импульсный генератор силовых импульсов

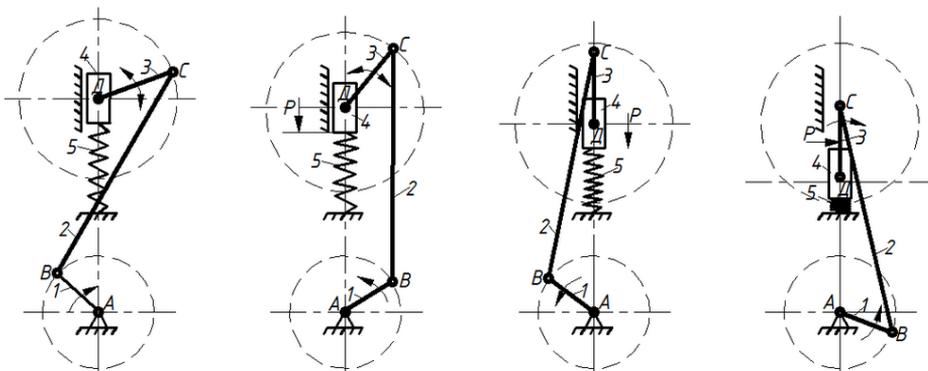


Рисунок 2 – Кинематическая схема исполнительного органа пресс-автомата

Попытка разработки концепции построения механизмов переменной структуры была предпринята в работе Абдраимова С. Невенчанной Т.О. [2], в которой описан подход синтеза схем и примеры конструктивных реализаций механизмов переменной структуры. Введены определения «отрицательной степени подвижности» и звена восстановления, необходимые для синтеза схем механизмов переменной структуры. Реализация идеи использования механизмов переменной структуры получила развитие в кандидатских диссертациях Ташматова А.Д., Каримбаева Т.Т. и Гигина С.А., защищенных под научным руководством Алимова О.Д. и Абдраимова С.

Следующей значимой работой является монография Абдраимова С., Джуматаева М.С. [3], в которой рассматривается шарнирно-рычажный четырехзвенный механизм с изменяемым межопорным расстоянием. В работе, используя известную теорему Грасгофа, сформулированы 4 теоремы, раскрывающие закономерности изменения вида шарнирно-четырёхзвенного механизма в зависимости от соотношения длин звеньев механизма, при изменении длины звена, принятого за основание механизма от нуля до максимального значения ( $0 < a < b+c+d$ , где  $a$  – основание механизма,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  – длины подвижных звеньев). С. Абдраимов назвал эти теоремы теоремами Абдраимова. Подробное изучение закономерностей передаточных функций при всевозможных соотношениях длин звеньев позволило выявить ряд ранее неизвестных схем шарнирно-четырёхзвенных механизмов с особыми точками, существенно расширяющих области приложения таких механизмов. Следует отметить, эти исследования позволили запатентовать более десятка новых схем механизмов. Исследованию шарнирно-рычажных механизмов как механизмов переменного класса была посвящена докторская диссертация К.Дж. Турсунова. После этих работ исследования машин различного назначения с использованием шарнирно-рычажных механизмов переменной структуры получили интенсивное развитие. Под научным руководством С. Абдраимова развитие получило направление, связанное с применением механизмов переменной структуры для создания ручных ударных инструментов. На рисунке 3 показана схема механизма,

который положил начало использованию шарнирно-рычажного механизма переменной структуры в качестве ударного механизма различных конструкций молотков и перфораторов. Исследованию и созданию ручных ударных и ударно-вращательных машин были посвящены кандидатские диссертационные работы Абытова А.А., Абидова А.О., Касымбекова С.Н., Абдраимова Э.С.

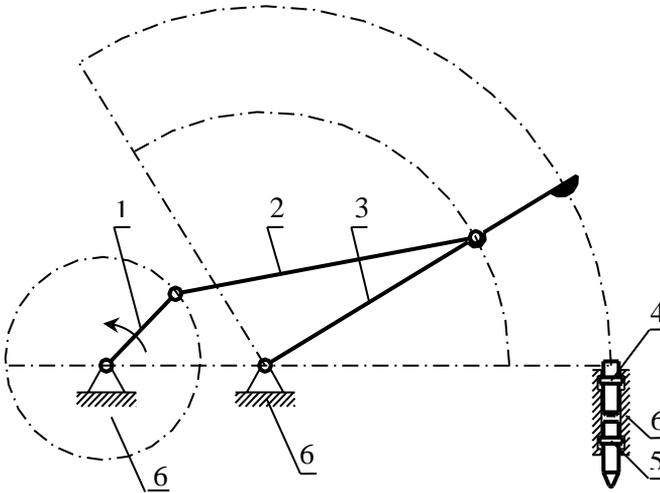


Рисунок 3 – Кинематическая схема четырехзвенного ударного МПС

Монографии А. Каримова [4], Э.С. Абдраимова [5], А.О. Абидова [6] и М.З. Алмаматова [7] явились своеобразным итогом развития исследований механизмов переменной структуры. При этом если в монографии А. Каримова были продолжены исследования механизмов переменной структуры применительно к механическим прессам, то в его докторской диссертации рассматриваются вопросы теории построения и кинематического анализа рычажных механизмов переменной структуры, создания ударных машин на их основе. В работе А.О. Абидова рассматриваются вопросы создания отбойного молотка с гибким валом, учитывая результаты моделирования динамических процессов передачи усилий от двигателя до инструмента. Э.С. Абдраимов и М.З. Алмаматов развивают теоретические вопросы синтеза плоских механизмов переменной структуры, разрабатывая

методы структурного синтеза применительно одноподвижных шарнирно-рычажных механизмов переменной структуры.

Разработка новых схем и конструкций ударных машин показала перспективность направления по созданию различных машин на основе механизмов переменной структуры. Простота конструкции и возможность более эффективной передачи усилий от источника энергии к обрабатываемой среде позволили создать ряд конструкций ударных и ударно-вращательных машин, успешно внедренных в производство. Вместе с тем определенные свойства механизмов переменной структуры оказались препятствием на пути более широкого их применения. Если при использовании механизмов переменной структуры в конструкциях прессов для обработки металлов давлением мы имели чисто психологический эффект, связанный с рваным ходом рабочего органа пресса, что явилось результатом работы механизма переключения из одного режима работы в другой, т.е. из холостого хода в рабочий и обратно. То при использовании особых точек механизма переменной структуры в ударных механизмах имеет место передачи больших ударных усилий в опоры механизма, что приводит к ограничению долговечности деталей опорного узла ударного механизма машины. На рисунке 4 показаны характерные разрушения деталей конструкции ручных ударных машин.

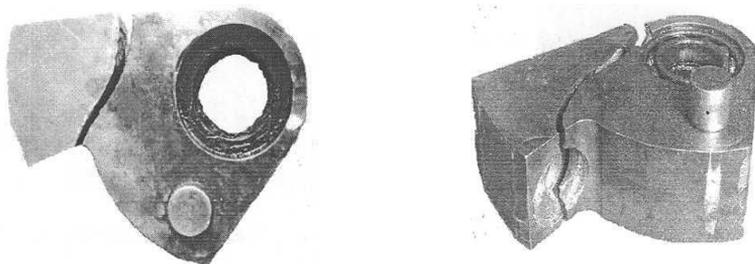


Рисунок 4 – Характерные примеры разрушения деталей ударной машины с шарнирно-четырёхзвенным механизмом переменной структуры

Необходимость совершенствования конструкций ударных машин с механизмами переменной структуры с целью увеличения ресурса их работы предполагала проведение исследований по увеличению ресурса работы наиболее нагруженных звеньев ударного механизма или поиску новых технических решений, уменьшающих передачу ударных нагрузок к звеньям ударного механизма. Диссертационные работы на соискание ученой степени кандидата наук Аканова Д.К., Кукчаева М.М., Фокина Ю.А., Федоренко Ю.В., Токтакунова Ж.Ш., Такырбашева А.Б., Пакирдинова Р.Р., Касымалиева Б.М., выполненные под научным руководством С.Абдраимова, были посвящены поиску рациональных значений передаточной функции базового шарнирно-четырёхзвенного механизма различных видов и всевозможных соотношений длин звеньев, форм подвижных звеньев четырёхзвенника: кривошипа, шатуна и коромысла, нахождению центра удара ударной массы-коромысла. Большое внимание уделялось упрочнению как коромысла, в котором установлена ударная масса, так и других звеньев механизма, а также подбору вида и типа подшипника, с помощью которых звенья установлены на опоры и соединены между собой. Следует отметить, что в результате этих исследований удалось существенно увеличить ресурс ударных машин, созданных на базе шарнирно-четырёхзвенных плоских механизмов с особыми положениями. На рисунке 5 приведен ряд конструкций, реализованных в опытных образцах ручных ударных машин, молотков и перфораторов с электромеханическим и гидравлическим приводом, созданных на основе шарнирно-четырёхзвенного механизма с особым положением, коромысло которого является ударной массой.

В то же время были начаты работы по поиску новых технических решений, позволяющих разделить ударную массу-боек от коромысла, тем самым практически устранить ударную нагрузку на опору коромысла, так как в подавляющем большинстве ударная масса установлена на коромысле шарнирно-рычажного четырёхзвенника.



а) Отбойный молоток МРЭ-7



б) Молот механический МО-100



в) Механический перфоратор ручной МПР-4



г) Механический генератор ударных импульсов высокой мощности ГУИМ – 1



д) Машина для очистки труб МП-10



е) Вибро каток ВК-1

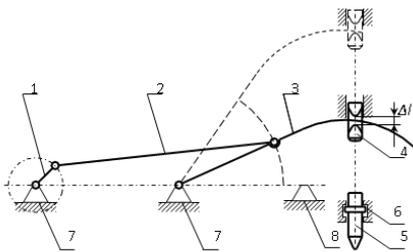
Рисунок 5 – Примеры ручных ударных машин с шарнирно-четырёхзвенным механизмом переменной структуры

Монографии Джуматаева М.С., Абдырахманова И.А., Уркунова З.А. [9] и Джуматаева М.С., Каримбаева Т.Т., А.Ж. Баялиева [11] были направлены поиску новых схем и технических решений, позволяющих кинематически отделить шарнирно-рычажный механизм от ударной массы, а также разработке теоретических основ

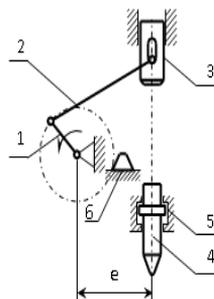
расчета и конструирования ударных машин на их основе. Внесение изменений в схему механизма ударного узла, наличие камеры для создания воздушной подушки, исключяющей ударное взаимодействие звеньев механизма, приводит к необходимости корректировки динамической модели механизма. Поэтому в последней монографии рассмотрены вопросы математического моделирования движения ударных механизмов с разделяющимся в момент удара бойком. Результаты теоретических исследований по созданию ударных машин на основе идеи разделения рычажного механизма от ударной массы в момент удара были использованы при разработке новых схем ударных механизмов переменной структуры. На рисунке 6 приведены схемы некоторых из них.

Теоретические исследования механизмов переменной структуры на основе шарнирно-четырёхзвенных механизмов продолжены в монографиях Зиялиева К.Ж. [8] и Абдраимовой Н.С. [10]. В работе Зиялиева К.Ж. рассмотрены вопросы исследования шарнирно-четырёхзвенных механизмов методом аналитической геометрии. Наиболее ценным является пространственная диаграмма, в которой указаны области существования различных видов шарнирно-четырёхзвенных механизмов. Также в качестве приложения результатов исследований представлена новая конструкция механического генератора импульсов высокой мощности. Во второй работе продолжены исследования шарнирно-четырёхзвенных механизмов методами аналитической геометрии, в частности для механизмов с двумя особыми положениями определены «математические зависимости, описывающие переход между основным механизмом и механизмом включения, являющимися начальными механизмами переменной структуры».

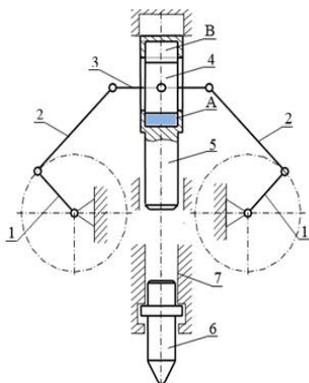
Поиск схем и разработка конструкций по обоим направлениям, позволяющим оптимально реализовывать преимущества шарнирно-рычажных механизмов переменной структуры, продолжается в настоящее время. В Институте машиноведения, автоматизации и геомеханики в лаборатории теории механизмов и машин выполняется проект «Механизмы переменной структуры, теория и



а) Кинематическая схема ударного МПС с поступательно движущийся ударной массой



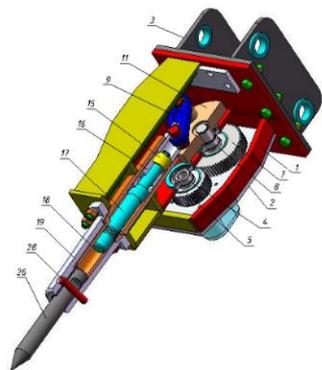
б) Кинематическая схема кривошипно-ползунного ударного механизма



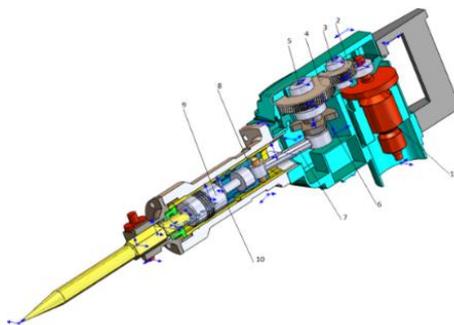
в) Кинематическая схема ДКП МПС с воздушной подушкой



г) Перфоратор с ДКП МПС



д) Молот с МПС с воздушной подушкой



е) Электромеханический молоток с МПС

Рисунок 6 – Некоторые схемы ударных машин с кинематической развязкой ударного узла

расчет, направления возможных прикладных приложений». В этом проекте также продолжается исследование и разработка схем, позволяющих эффективно передать ударный импульс к обрабатываемой среде при минимальных динамических воздействиях на опоры ударного механизма, что даст возможность существенно увеличить ресурс работы ударной машины. Следует отметить, что исследование механизмов переменной структуры, создание машин различного назначения для приоритетных отраслей экономики страны ведутся и в региональных университетах страны в Оше, Джалал-Абаде, Караколе и Таласе. Как показывает краткий обзор исследований, посвященных раскрытию новых свойств шарнирно-рычажных механизмов, механизмов переменной структуры, разработке новых схем, конструкций машин и механизмов для различных отраслей промышленности, исследования под научным руководством С.Абдраимова существенно расширили рамки традиционной теории механизмов и машин, область их приложения.

### **Литература**

1. Алимов О.Д., Абдраимов С. Основы теории прессов с механизмами переменной структуры. – Фрунзе: Илим, 1988. – 294 с.
2. Абдраимов С., Невенчанная Т.О. Построение механизмов переменной структуры и исследование их динамики. – Фрунзе: Илим, 1990. – 175 с.
3. Абдраимов С., Джуматаев М.С. Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры. – Бишкек: Илим, 1993. – 179 с.
4. Каримов А. Безмуфтовые электромеханические прессы с механизмами переменной структуры. – Бишкек: Илим, 2001. –132 с.
5. Абдраимов Э.С. Структурный синтез плоских механизмов переменной структуры. – Бишкек: Илим, 2001. – 100 с.
6. Абидов А.О. Динамика отбойного молотка с ударным механизмом переменной структуры. – Бишкек: Илим, 2001. – 116 с.
7. Алмаматов М.З. Новая концепция структурного синтеза плоских рычажных механизмов. – Бишкек: ИЦ Текник, 2005. –150 с.

8. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. – Бишкек: Илим, 2005. – 196 с.
9. Джуматаев М.С., Абдрахманов И.А., Уркунов З.А. Шарнирно-рычажные ударные механизмы с кинематической развязкой ударного узла. – Бишкек: Илим, 2007. – 85 с.
10. Абдраимова Н.С. Шарнирно-рычажные механизмы с двумя особыми положениями. – Бишкек: Илим, 2009. – 148 с.
11. Джуматаев М.С., Каримбаев Т.Т., Баялиев А.Ж. Ударные механизмы с разделяющимся бойком. – Бишкек, Илим, 2015. – 137 с.