

**ТОО-КЕН ЖАНА ЖОЛ КУРУУЧУ  
МАШИНАЛАР  
ГОРНЫЕ И СТРОИТЕЛЬНО-  
ДОРОЖНЫЕ МАШИНЫ  
MINING AND CONSTRUCTION  
ROAD MACHINES**

УДК 622.234

**ТАБИГЫЙ ТАШ БЛОКТОРУН КАЗЫП АЛУУ ҮЧҮН  
БС-32 САПТЫК БУРГУЛОО ТЕСИН ИШТЕП ЧЫГУУ  
РАЗРАБОТКА СТАНКА СТРОЧЕЧНОГО БУРЕНИЯ  
БС-32 ДЛЯ ДОБЫЧИ БЛОКОВ ПРИРОДНОГО КАМНЯ  
DEVELOPMENT OF BS-32 LINE DRILLING MACHINE  
FOR EXTRACTION OF NATURAL STONE BLOCKS**

***А.В. Анохин, В.Б. Васильев, Н.Н. Фадеева***

*Иште массивден жаратылыш таш блокторун бөлүүнүн бургушынаалык ыкмасын колдонуунун актуалдуулугу түшүндүрүлөт. КСаптык бургулоо жабдууну иштеп чыгууга техникалык тапшырма берилген жана бул долбоорлорду ишке ашырууга милдеттерди этап-этабы менен коюу келтирилген. Саптык бургулоо тесин тажрыйбалуу үлгүсүнүн жалпы түрү, анын техникалык мүнөздөмөлөрү көрсөтүлгөн. Маалыматтар машинанын оригиналдуу түйүндөрү боюнча конструктивдүү өзгөчөлүктөрү жазылган. Аткаруучу механизмдин бургулоочу башчанын колдонуусунун актуалдуулугу негизделген, такырак айтканда өзгөрүлмө түзүлүштүн негизинде иштеген электрмеханикалык ургулап-бурооч балканын колдонуусу, анын техникалык мүнөздөмөлөрү келтирилген, кинематикалык сөлөкөтү чагылдырылган жана анын иштөө принциби толук көрсөтүлгөн. Бургулооч аспапты автоматтык түрдө башкарууну камсыздоо үчүн тесин жылдырып берицици түзмөктүн аткаруучу механизминин ылдамдыгынын өзгөрүүлүсүнүн мыйзам ченемдүүлүгү каралган. Бул нерсе бургулоо жараянын ийкемдүүлүгүн камсыздайт.*

*В работе раскрывается актуальность применения буроклинового способа отделения блоков природного камня от массива. Приведены техническое задание на разработку станка строчечного бурения и поэтапная постановка задач на реализацию данного проекта. Представлены обций вид опытного образца станка строчечного бурения, его технические характеристики.*

Подробно описываются конструктивные особенности оригинальных узлов станка. Обоснована актуальность применения исполнительного механизма буровой головки, а именно электромеханического перфоратора, работающего на основе механизма переменной структуры, приведены его технические характеристики, описание кинематической схемы и дана ссылка на подробное описание принципа его работы. Рассмотрена закономерность изменения скорости исполнительного механизма подающего устройства станка для обеспечения автоматического управления скоростью подачи бурового инструмента, что обеспечивает гибкую технологию процесса бурения.

*The paper reveals the relevance of using the buroklin method for separating blocks of natural stone from the array. The technical specification for the development of a line drilling machine is presented and a step-by-step statement of tasks for the implementation of this project is given. A General view of the prototype of a line drilling machine and its technical characteristics is presented. The design features of the original machine components are described in detail. The urgency in the application of the actuator of the drilling head, namely, electro-mechanical hammer operating on the basis of the mechanism of variable structure, given its technical characteristics, the description of the kinematic scheme and link to a detailed description of how it works. Considered a pattern of the speed change actuator feeder machine to provide automatic control of the feed speed of the drilling tool that provides a flexible technology of the drilling process.*

**Түйүн сөздөр:** бургу көзөнөктүрдү бургулоо; аткаруу механизмдери; айрыкча конструктивдүү байланыштар; бургулоо өлчөмүнөздөгүчтөрү; техникалык мүнөздөмөсү

**Ключевые слова:** бурение шпуров; исполнительные механизмы; конструктивные особенности; конструктивные узлы; параметры бурения, технические характеристики.

**Keywords:** drilling hole; actuators; structural features; structural units; drilling parameters; technical characteristics.

Развитие камнедобывающей и камнеперерабатывающей отраслей горной промышленности сегодня имеет большую актуальность – в нашей стране более 170 месторождений стенового и облицовочного камня. Их общий запас свыше 1 млрд м<sup>3</sup> [1]. Известно, что каменные породы Кыргызстана характеризуются оригинальностью и высокими физико-механическими свойствами, поэтому изделия из такого материала всё более востребованы в строительной промышленности. Изделия из природного камня с успехом используются для благоустройства зданий, улиц и площадей городов и сёл.

Принимая во внимание объем запасов, высокие цены на готовую продукцию и повышенный спрос на изделия из природного камня, можно утверждать, что камнедобывающая отрасль Кыргызстана может сделать хороший вклад в бюджет страны [1].

Для обеспечения конкурентоспособности в этой отрасли необходимо развивать технологию добычи и переработки природного камня, а также совершенствовать оборудование и инструменты, посредством которых осуществляется этот технологический процесс.

Наиболее дорогостоящим и трудоёмким процессом при добыче природного камня является отделение блоков от массива. Суммарные затраты на его реализацию составляют от 41 до 72 % общего количества затрат на добычу [1].

Процесс отделения блоков осуществляется двумя известными способами: – буроклиновым и способом направленного резания. При отделении пород высокой крепости наиболее широко используется буроклиновой способ. Он достаточно прост, требует меньших вложений на подготовку оборудования для получения готовых блоков и не ограничен крепостью горных пород. Некоторые потери материала при отделении блоков от массива и качество обработки боковых граней по сравнению со способом направленного резания компенсируются высокой производительностью при добыче блоков в крепких горных породах.

Буроклиновой способ обеспечивается бурением прямолинейной строчки шпуров с заданным шагом между ними и последующим разрушением перемычек между шпурами.

Бурение шпуров осуществляется специальными станками строчечного бурения, обладающими рядом конструктивных особенностей, позволяющих в зависимости от крепости горных пород регулировать шаг между шпурами и обеспечивать прямолинейность строчки на заданную длину блока. В общем случае это определяет эффективность технологического процесса и общие затраты на добычу природного камня.

Совместно с Ошским технологическим университетом и Институтом машиноведения и автоматики НАН КР ведутся работы по созданию бурового станка строчечного бурения с электромеханическим бурильным механизмом в соответствии с требованиями современного технического уровня.

Для реализации проекта спланирован перечень основных этапов проведения работ:

- исследование и анализ существующих технологий строчечного бурения природного камня для отделения его от массива;
- обоснование наиболее эффективной технологии добычи каменных блоков;

- исследование режимов работы бурильной машины с ударным механизмом переменной структуры в различных по крепости горных породах;
- обоснование параметров ударного механизма переменной структуры;
- разработка технического задания на проектирование бурового оборудования;
- разработка различных вариантов компоновки бурильной машины на раме подающего механизма;
- разработка рабочего проекта бурового станка строчечного бурения;
- изготовление и экспериментальные исследования опытного образца станка. Внедрение его в производство.

При проведении анализа существующих технологий добычи природного камня принимался во внимание опыт зарубежных и отечественных производителей буровых станков строчечного бурения. Выявлены их достоинства и недостатки. С момента начала выполнения проекта разработано три варианта буровых станков согласно полученному техническому заданию (Таблица 1).

Таблица 1 – Техническое задание на проектирование бурового станка строчечного бурения

<b>Наименование показателя</b>	<b>Значение показателя</b>
Диаметр бурения по долоту, мм	32÷46
Максимальная глубина бурения, м	2÷3
Максимальное усилие подачи на забой, кН	5
Межосевое расстояние перфораторов, мм	165÷250
Крепость буримой породы, f	6÷18
Скорость бурения, м/мин	Не менее 0,5
Скорость подъема бурового става, м/мин	12
Напряжение основной питающей сети, В	220
Производительность компрессора, м <sup>3</sup> /мин	1,0÷2,0
Управление станком, чел.	1
Габариты станка, мм	4000×2300×3000
Масса, кг	200

Результаты анализа показывают, что при разработке буровых станков, отвечающих современным требованиям, необходимо уделять внимание таким параметрам, как повышение производительности и уровня автоматизации, снижение массы конструкции, повышение уровня универсальности и эргономичности, снижение количества обслуживающего персонала.

При анализе трёх предлагаемых конструкций учитывались такие параметры, как технологичность изготовления, универсальность и возможность автоматизации, эргономические качества и массовые характеристики. На их основе выбран предпочтительный вариант конструкции бурового станка, общий вид которого представлен на Рисунке 1.

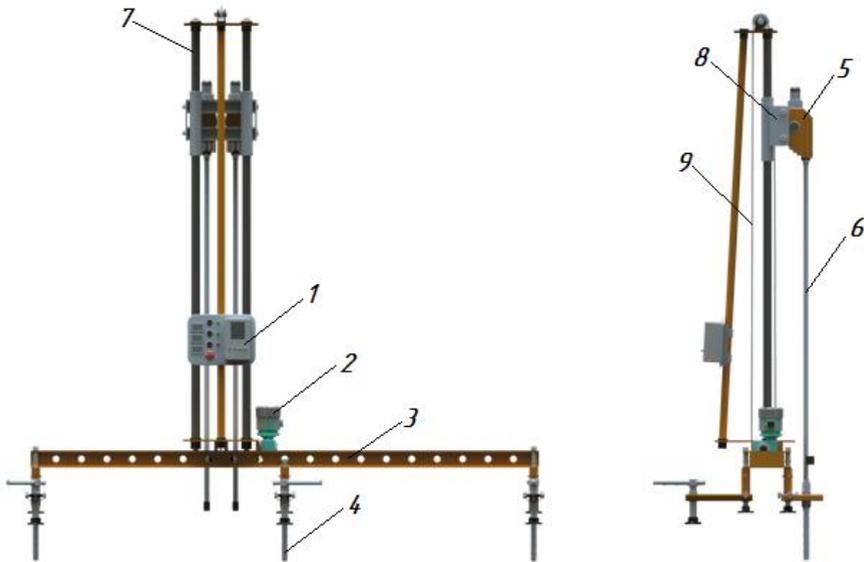


Рисунок 1 – Общий вид бурового станка строчечного бурения БС-32: 1 – пульт управления; 2 – подающий механизм; 3 – рама станка; 4 – анкер; 5 – перфоратор; 6 – штанга; 7 – направляющая буровой каретки

Рама станка 3 (Рисунок 1) состоит из двух направляющих швеллеров для перемещения мачты на заданное расстояние. Вся конструкция устанавливается на ножках с возможностью регулирования по высоте неровностей поверхности блока и складывания их при транспортировке.

Перед началом бурения станок прикрепляется к каменному массиву анкерами 4 (Рисунок 1). Мачта станка состоит из двух

трубных направляющих 7 длиной 2500 мм, по которым перемещается каретка 8 с двумя перфораторами 5 и закреплёнными в них штангами 6. Перемещение каретки 8 осуществляется посредством цепной передачи 9 и червячного мотор-редуктора 2. Питание мотор-редуктора обеспечивается преобразователем частоты тока фирмы DELTA VFD-M, установленным на пульте 1. Он необходим для регулирования оптимальной скорости подачи инструмента на забой при бурении различных по крепости горных пород. В штатном режиме бурения одинаковых по крепости пород скорость подачи устанавливается вручную в фиксированное положение.

Возможность автоматизации бурового станка заключается в том, что преобразователь частоты тока можно запрограммировать таким образом, что при бурении будет поддерживаться постоянная осевая нагрузка на инструмент в зависимости от изменяемой крепости буримой породы. Эта функция обеспечивает гибкую технологию бурения посредством автоматического изменения частоты тока, питающего электродвигатель мотор-редуктора. Обороты электродвигателя в этом случае изменяются согласно зависимости [2], представленной на Рисунке 2. Таким образом, станок можно обеспечить функцией автоматического регулирования режимами бурения, обратная связь при этом берётся по силе тока, питающего мотор-редуктор.

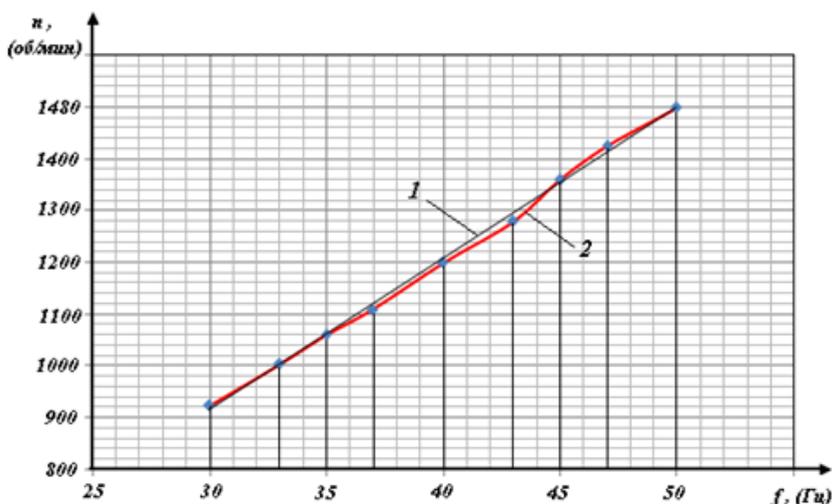


Рисунок 2 – Зависимость частоты вращения двигателя от частоты тока: 1 – расчётная характеристика; 2 – экспериментальная характеристика

Известно, что расстояние между шпурами  $S$  зависит от коэффициента крепости отделяемой породы и влияет на качество получаемых блоков. Поэтому возможность изменения расстояния между шпурами значительно расширяет сферу применения той или иной буровой машины.

Универсальность разрабатываемого станка БС-32 заключается в присутствии возможности изменения расстояния между шпурами и их диаметра. Это обеспечивается посредством регулируемого механизма крепления перфораторов на кронштейнах каретки (Рисунок 3). Наиболее распространённый диапазон расстояния между шпурами 150–250 мм.

Перфоратор 1 (Рисунок 3 а) обладает возможностью перемещаться вдоль кронштейна 4, в результате чего изменяется размер  $h$  и соответственно расстояние между инструментами 8.

Особенность станка заключается в том, что буровая каретка 2 с перфораторами центрируется с цилиндрическими направляющими 3 махты посредством подшипников линейного перемещения 7 (Рисунок 3 б), что значительно снижает силы трения и даёт возможность свободного перемещения каретки вдоль направляющих 3 (Рисунок 3 а).

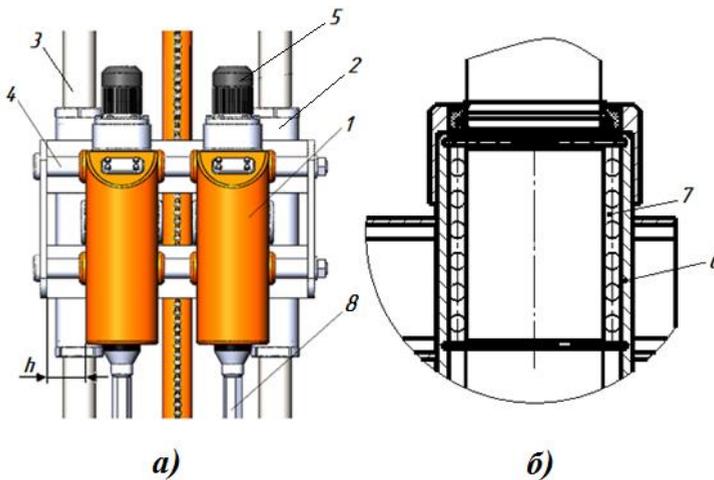


Рисунок 3 – Механизм крепления перфораторов:  
 1 – электромеханический перфоратор; 2 – каретка;  
 3 – направляющая; 4 – кронштейн перфоратора;  
 5 – электродвигатель; 6 – стакан подшипника; 7 – подшипник линейного перемещения; 8 – буровая штанга;  
 $h$  – регулируемый размер строчки шпуров

Кроме того, в конструкции механизма крепления перфораторов предусмотрена возможность смены типа перфоратора в зависимости от вида потребляемой энергии, что значительно снижает себестоимость процесса бурения.

Главным же при выборе исполнительных механизмов бурового станка является то, насколько параметры создаваемых им режимов бурения соответствуют необходимым данным. Ещё одним немаловажным параметром исполнительных механизмов является вид потребляемой энергии. Учитывая, что практически любой действующий карьер электрифицирован, можно утверждать, что в нашем случае применение электрических исполнительных механизмов является наиболее рациональным. Это обосновывается высоким КПД электрических исполнительных механизмов и низкой стоимостью электроэнергии. Так, в качестве бурильного механизма на станке БС-32 применяется разработанный в Институте машиноведения НАН КР электромеханический перфоратор, работающий на основе механизма переменной структуры. Кинематическая схема перфоратора представлена на Рисунке 4.

Ударный узел представляет собой шарнирно-четырёхзвенный механизм переменной структуры кривошипно-коромыслового типа с наибольшим шатуном, где вращательное движение якоря двигателя 1 через шестерни 2, 4 и коническое колесо 5 редуктора передаётся кривошипу-шестерне 6 ударного узла. Вращательное движение кривошипа-шестерни 6 через шатун 7 преобразуется в качательное движение коромысла-бойка 8. В момент выстраивания звеньев в одну линию коромысло-бойка 8 максимально разгоняется и наносит удар по торцу волновода 9, затем отходит обратно. Ударная волна, проходя через волновод 9, передаётся буровому инструменту 10 и от него – к обрабатываемой среде [3].

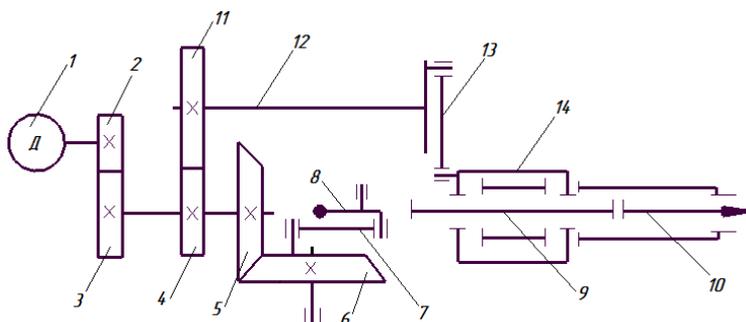


Рисунок 4 – Кинематическая схема электромеханического перфоратора УПП-1

Ударный узел перфоратора работает совместно с поворотным механизмом следующим образом. В редукторе шестерня 4 взаимодействует с шестерней 11, которая посредством шпоночного соединения вращает кривошипный вал 12 кривошипно-коромыслового механизма поворота. Вращение кривошипного вала 12 посредством шатуна 13 преобразуется в качение коромысла 14, одновременно являющегося корпусом храпового механизма. Параметры кривошипно-коромыслового механизма поворота подобраны так, чтобы храповой механизм во время рабочего хода повернул буровой инструмент 10 на технологически необходимый угол. Причём зацепление шестерен 4 и 11 отрегулировано таким образом, чтобы рабочий ход храпового механизма происходил, когда коромысло-боёк 8 отходит назад после соударения с волноводом 9. Такая настройка совместной работы механизмов удара и поворота позволяет распределить нагрузку на универсальный коллекторный электродвигатель перфоратора [3].

На Рисунке 5 приведена общая компоновка узлов перфоратора ПП-1.

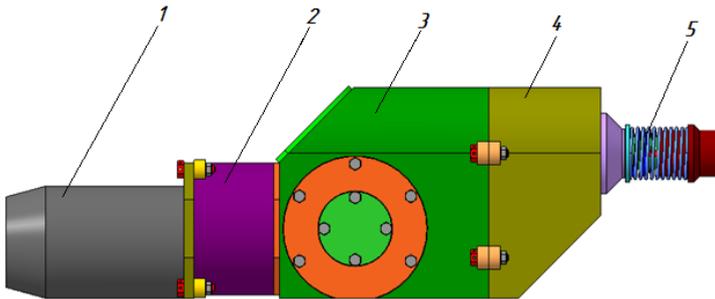


Рисунок 5 – Электромеханический перфоратор с механизмом переменной структуры

Конструкция электромеханического перфоратора имеет следующие узлы и механизмы: универсальный коллекторный двигатель 1, редуктор 2, ударный узел 3, поворотный механизм 4, буксовый узел 5.

Основные технические характеристики электромеханического перфоратора УПП-1 приведены в Таблице 2.

Перемещение мачты вдоль рамы станка со всеми исполнительными механизмами обеспечивается посредством роликов 2, 3 и роликовых направляющих 1 (Рисунок 6). Ролики вращаются на радиальных подшипниках 4, что обеспечивает перемещение мачты

без особых усилий. Боковые ролики 5 также вращаются на подшипниках качения и обеспечивают прямолинейность перемещения мачты. После установки в нужном положении мачта фиксируется специальными зажимами 6.

Таблица 2 – Технические характеристики электромеханического перфоратора УПП-1

Наименование	Единица измерения	Значение
Диаметр бурения	мм	32–46
Энергия удара	Дж	65
Крепость породы	ед.	6–10
Частота удара	уд/мин	1000
Крутящий момент	Н·м	95
Напряжение	В	220
Номинальный ток	А	6,8
Масса	кг	65
Длина	мм	880
Потребляемая мощность	кВт	1,5

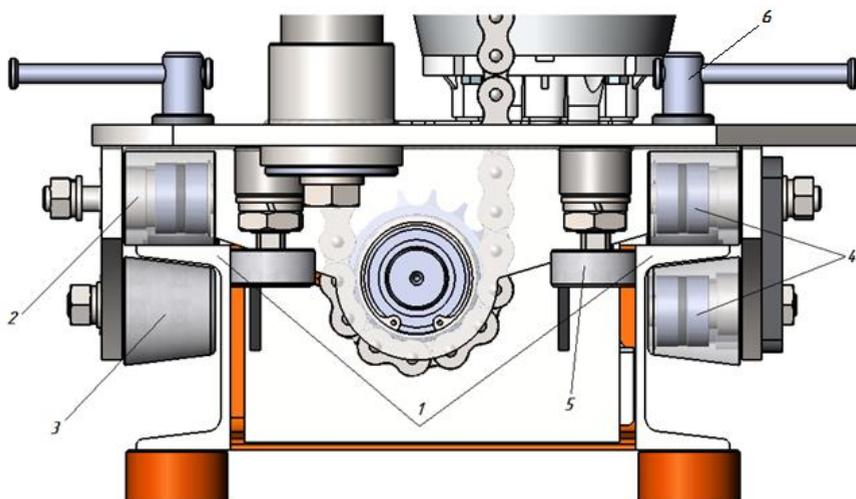


Рисунок 6 – Роликовый механизм перемещения буровой мачты: 1 – направляющие швеллеры; 2 – верхний ролик; 3 – нижний ролик; 4 – шариковые подшипники роликов; 5 – боковой ролик; 6 – зажим

Общие технические характеристики бурового станка БС-32 представлены в Таблице 3.

Таблица 3 – Технические параметры бурового станка БС-32

Наименование	Единица измерения	Значение
Диаметр бурения	мм	36
Глубина бурения	мм	2300
Крепость породы	ед.	до 6
Потребляемая мощность, общая	кВт	4,5
Количество инструментов	шт.	2
Расстояние между шпурами	мм	150–300
Скорость бурения	м/мин	1,5
Масса	кг	320
Способ крепления	Анкерование	
Вид бурения	Ударно-вращательный	
Способ очистки	Продувка воздухом	
Буровой инструмент	Твёрдосплавный	

### Выводы:

В ходе реализации проекта по разработке станка строчечного бурения проведён анализ действующих буровых станков зарубежного и отечественного производства. С учётом выявленных технических параметров, необходимых для реализации наиболее приемлемой конструкции бурового оборудования для добычи блочного камня, разработана конструкторская документация на буровой станок строчечного бурения БС-32, отвечающий современным техническим и экономическим требованиям. Разработанный буровой станок отличается от существующих аналогов экономичностью энергопотребления, универсальностью, безопасностью и эргономичностью при эксплуатации.

### Литература

1. Исманов, М.М. Научно-прикладные основы создания рабочих органов камнерезных машин: дис. на соискание учёной степени д-ра техн. наук по специальности 05.05.06 – горные машины. Ош, 2018.

2. Васильев, В.Б. Разработка автоматической системы регулирования режимами работы станка при обработке отверстий: дис на соискание учёной степени канд. техн. наук по специальности 05.13.06 – автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям). Бишкек, 2011.

3. Исманов, О.М. Ручные перфораторы с ударно-поворотным механизмом – новое направление в области создания машин на основе механизмов переменной структуры // *Машиноведение*. 1(5), Бишкек, 2017.