



**РЫЧАЖНЫЕ УДАРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ С. АБДРАИМОВА
ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ**

Э. С. Абдраимов^{1,2}, Б. Б. Бакиров^{1,2}, М. И. Шадиев³

¹НИЦ проблем машиностроения им. С. Абдраимова ИА КР,

²Институт машиноведения и автоматики НАН КР,

E-mail: engineer2013@inbox.ru, E-mail: shadiev61@mail.ru,

ул. Скрябина 23, г. Бишкек 720055, Кыргызстан

³Международный университет инновационных технологий,

E-mail: Bakirov.57@list.ru, ул. Анкара 1/17, г. Бишкек 720043, Кыргызстан

Рассмотрены конструкции разработанных рычажных ударных механизмов С. Абдраимова с наибольшим шатуном для уплотнения грунтов. Приведены результаты кинематического исследования трех разновидностей схем С. Абдраимова с наибольшим основанием. Установлены и рекомендованы их параметры с целью создания высокочастотных ударных механизмов для уплотнения грунтов.

Механизмы переменной структуры, схема с наибольшим шатуном, с наибольшим коромыслом, с наибольшим основанием

ABDRAIMOV'S LEVER PERCUSSIVE MECHANISMS FOR COMPACTING SOILS

E. S. Abdraimov, B. B. Bakirov, and M. I. Shadiev

¹SIC of Mechanical Engineering Problems named after S. Abdraimov,
ul. Skryabin 23, Bishkek 720055, Kyrgyzstan

²Imash NAS of the Kyrgyz Republic,

³International University of Innovative Technologies

E-mail: Bakirov.57@list.ru, ul. Skryabin 23, Bishkek 720043, Kyrgyzstan

The designs of lever percussive mechanisms with the largest piston-rod developed by S. Abdraimov for compacting soils are considered. The results of kinematics research of three varieties of S. Abdraimov's schemes with the largest base are presented. The basic parameters of these schemes are determined and recommended for creation of high-frequency percussive mechanisms for compacting soils.

Mechanisms of variable structure, scheme with the largest piston-rod, with the largest beam, with the largest base

За последние годы в Республике Кыргызстан наблюдается устойчивая тенденция увеличения объемов городского и промышленного строительства, реконструкции автомобильных дорог и т. д. Для осуществления указанных технологических процессов зарубежными фирмами выпускается множество типоразмеров машин и устройств с электрическими, пневматическими и гидравлическими приводами. Производителями таких машин являются германские фирмы "BOMAG", "WEBER", "AMMANN", фирмы США — STOW, STONE, компания "NTC" (Чехия). Помимо зарубежных образцов ручных трамбовок и виброплит можно приобрести их российские аналоги: ОУ-60 и ОУ-80 (Волгодонск), ВП-3 (Саратов), УВ-100 (Пермь) и ВУ-1500 (Москва) и др. [1]. Конструкции зарубежных ручных трамбовочных машин представлены на рис. 1, технико-эксплуатационные характеристики существующих ручных трамбовок и виброплит — в табл. 1.

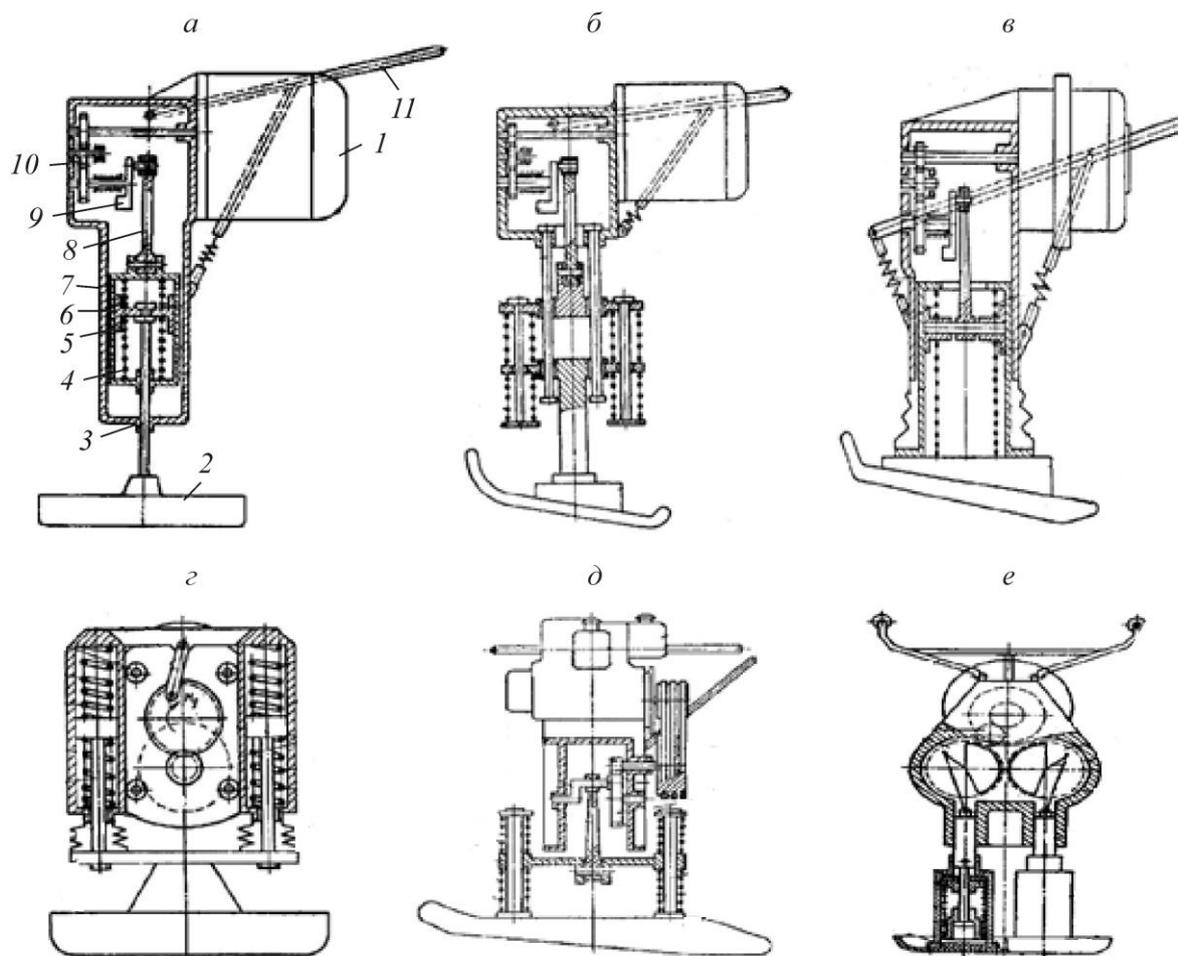


Рис. 1. Конструкции зарубежных ручных трамбовочных машин: *а* — ручной трамбовки фирмы Wacker (ФРГ); 1 — электродвигатель; 2 — трамбуемый башмак; 3 — шток; 4 — нижний пакет пружин; 5, 6 — верхний пакет пружин; 7 — подвижный цилиндр; 8, 9 — кривошипно-шатунный механизм; 10 — одноступенчатый редуктор; 11 — рукоятка управления; *б* — электротрамбовки фирмы Allam (Великобритания); *в* — мототрамбовки BS-180 фирмы Wacker (ФРГ); *г* — грунтоуплотняющей машины BS-180 (ЧССР); *д* — мототрамбовки с пружинным ударным механизмом обозначения; *е* — трамбовки с динамическим гасителем колебаний

ТАБЛИЦА 1. Техничко-эксплуатационные характеристики существующих ручных трамбовок и виброплит

Параметр	Ручная трамбовка				Виброплита WARKER PS1135A
	WARKER BS 500	пневматическая ИП-4503	AMMANN	ИП-4502A	
Энергия удара, Дж	60	25			
Частота ударов, Гц	10	12	10	9.3	10–50
Масса, кг	52		83	81.5	
Потребляемая мощность, кВт	2.3		3	1.6	1,6
Производительность, м ² /ч	300		210		
Размеры башмака, мм	250×330		200×280		540×350
Стоимость, \$	3000		3500		3000

В настоящее время приобретение импортных ручных трамбовок и виброплит многим дорожно-строительным фирмам не под силу в связи с высокой стоимостью. Поэтому уплотнение труднодоступных участков часто приходится выполнять ручным способом. Однако в этом случае грунт недостаточно уплотняется, проседает через 2–3 года и впоследствии требует больших затрат на ремонтно-восстановительные работы.

В связи с этим разработка и создание конкурентоспособных импортозамещающих ручных грунтоуплотняющих машин (ручных трамбовок и виброплит) является одной из актуальных задач. Для ее решения учеными проводятся исследования и опытно-конструкторские работы по созданию и усовершенствованию ударных машин и устройств на основе схем механизмов переменной структуры (МПС) С. Абдраимова. Механизмы переменной структуры С. Абдраимова принципиально отличаются от традиционных (гидравлических и пневматических) своей простотой в изготовлении и обслуживании, не требуют гидростанций и компрессоров, имеют высокий КПД и могут работать в условиях космоса [1, 2, 4].

В последние годы в Институте машиноведения и автоматики НАН КР разработаны и созданы несколько типов ручных грунтоуплотняющих машин на основе схем МПС С. Абдраимова, конструкция которых представлена на рис. 2а. При создании ударного узла ручных грунтоуплотняющих машин выбрана схема МПС с наибольшим шатуном, в которой длины звеньев связаны между собой соотношением $l_2 + l_3 = l_1 + l_4$, где l_2, l_3, l_4 — длины звеньев соответственно кривошипа, шатуна и коромысла; l_1 — длина основания. Относительные размеры звеньев можно выразить как $\lambda_1 = l_1 / l_2, \lambda_2 = l_2 / l_2 = 1, \lambda_3 = l_3 / l_2, \lambda_4 = l_4 / l_2$ [1].

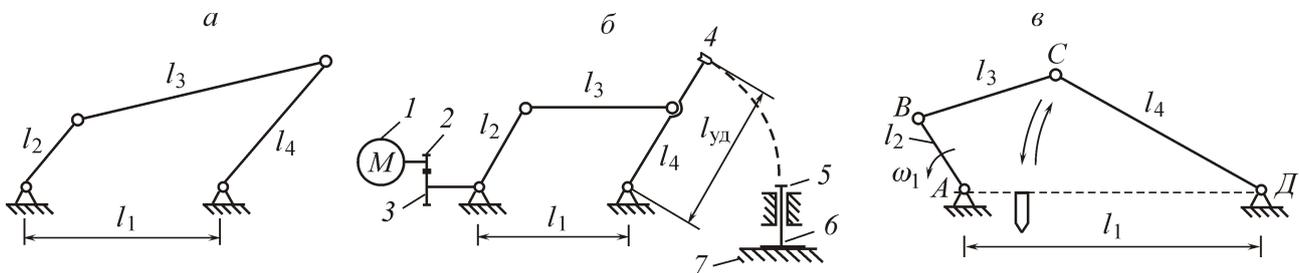


Рис. 2. Схема МПС С. Абдраимова с наибольшими шатуном и основанием (а); кинематическая схема механической трамбовки МТ-2 (б); кинематическая схема механизма МПС с наибольшим основанием

Принцип работы ударного узла ручной трамбовки на основе МПС заключается в следующем (рис. 2б): при включении электродвигателя 1 его вращательный момент через зубчатую передачу 2, 3 передается на кривошип длиной l_2 . Вращательное движение кривошипа с помощью шатуна длиной l_3 преобразуется в качательное движение коромысла длиной l_4 . При выстраивании звеньев механизма в одну линию боек 7, вмонтированный в тело коромысла, производит удар по хвостовику волновода 8. Ударная волна через трамбуемый башмак 9 передается к уплотняемому грунту 10.

Основными преимуществами создаваемой машины перед известными конструкциями является отсутствие в ней дефицитных материалов и комплектующих, простота в изготовлении деталей и узлов, высокий КПД, минимальный вес и габаритные размеры [6]. Конструкция разработанного опытного образца ручной механической трамбовки показана на рис. 3.

Ручная механическая трамбовка МТ-2 предназначена для уплотнения связных и несвязных грунтов, сыпучих материалов, укладки асфальтобетона при дорожно-строительных работах в труднодоступных местах. Технично-эксплуатационные характеристики ручной механической трамбовки МТ-2 показаны в табл. 2.

Таким образом, эксплуатация и результаты апробаций разработанных ручных трамбовок на основе МПС породили идею создания высокочастотной грунтоуплотняющей машины с учетом практических рекомендаций и принятых ограничений, удовлетворяющих предъявленным к ним к требованиям. Следовательно повышение мощности и производительности ударных машин на основе механизмов переменной структуры может осуществляться только за счет повышения частоты ударов, так как увеличение энергии единичного удара машины допустимо лишь до некоторого предела, определяемого прочностью рабочего инструмента.

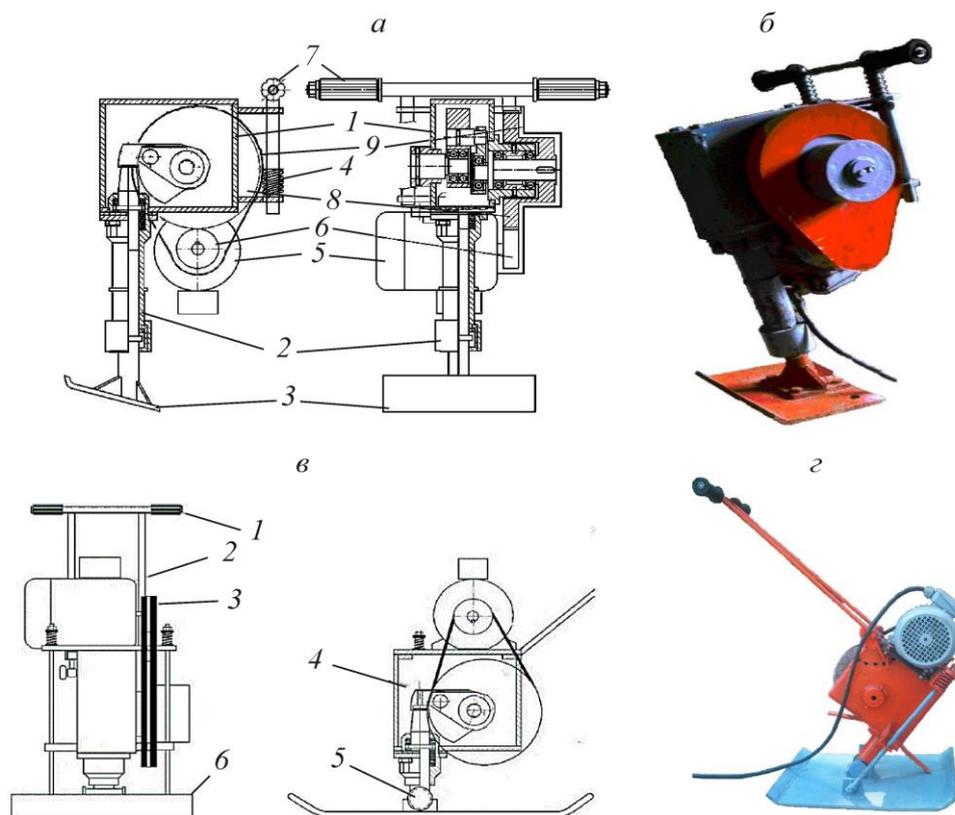


Рис. 3. Общий вид опытного образца механической трамбовки МТ-2 и виброплиты ВП-2 с МПС (а): 1 — корпус ударного узла; 2 — букса; 3 —трамбующий башмак; 4 — виброгаситель рукоятки; 5 — электродвигатель; б — шестерня; 7 — рукоятка управления; 8 — зубчатое колесо; 9 — кожух редуктора; б — ручная трамбовка МТ-2 с МПС; в — виброплита ВП-2: 1 — рукоятка управления; 2 — приводной электродвигатель; 3 — клиноременная передача; 4 — ударный механизм; 5 — поворачивающий шарнир, обеспечивающий регулирование наклона ударного узла машины; б —трамбующая плита; г — ручная виброплита ВП-1 с МПС

ТАБЛИЦА 2. Техничко-эксплуатационные характеристики ручной механической трамбовки МТ-2

Параметр	Показатели	
	МТ-2	ВП-1
Энергия удара, Дж	113 – 150	117
Частота ударов, Гц	8 – 10	117
Номинальная мощность электродвигателя, кВт	1.5	1.5
Частота вращения электродвигателя, об/мин	1420	1420
Габаритные размеры (д×ш×в), мм	600×580×750	600×400×520
Масса, кг	50	60
Размеры башмака, мм	300×200	400×600
Скорость перемещения, м/мин		До 10

По результатам исследований из трех видов схем С. Абдраимова — с наибольшим шатуном, с наибольшим коромыслом и с наибольшим основанием — самой приемлемой для создания высокочастотных конструкций грунтоуплотняющих машин является схема с наибольшим основанием, так как при одинаковой энергии удара за счет частоты ударов можно увеличить ударную мощность и, соответственно, производительность машины. Кинематическая схема рекомендуемого механизма с наибольшим основанием показана на рис. 3в.

Полученные графики зависимостей передаточных отношений и коэффициента восстановления скорости $R_{кин} = U_{31+} / U_{31-}$ от коэффициента наибольшего звена $k = \lambda_0 / \lambda_1$ трех разновидностей схем МПС с наибольшим основанием показаны на рис. 4. Эти кинематические параметры характеризуют эффективность воздействия на обрабатываемую среду. Эти зависимости дают возможность выбора схем и соотношений длин звеньев механизма для реализации их в ударных машинах различного назначения для разных областей применения с учетом предъявляемых к ним требований и ограничений.

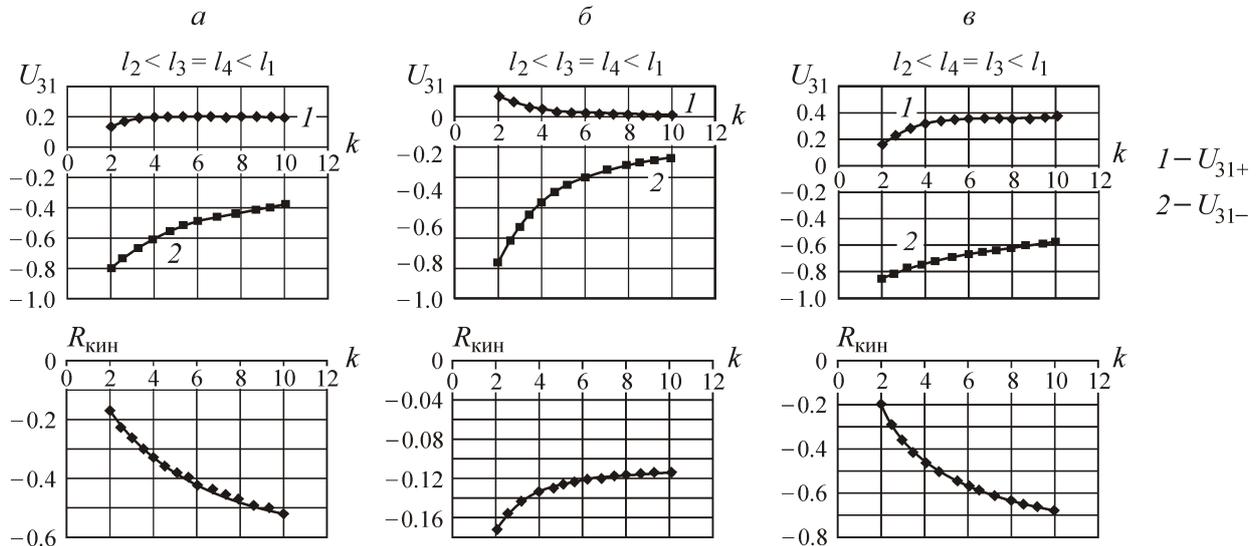


Рис. 4. Зависимости передударной и послеударной передаточных отношений U_{31-} , U_{31+} и коэффициента кинематического восстановления скорости $R_{кин}$ от коэффициента наибольшего звена k трех разновидностей схем МПС с наибольшим основанием

Следует отметить, что в указанных грунтоуплотняющих машинах частота ударов колеблется в пределах от 8–12, а прочность рабочего инструмента ограничивает линейную скорость бояка. Из-за больших передаточных отношений линейная скорость ударного элемента будет высокой. С учетом прочностных условий ее значение допускается не более 10 м/с. В предлагаемой схеме величина передаточных отношений не превышает единицы, а частота ударов в несколько раз больше, чем у схемы с наибольшими шатуном и коромыслом.

Исходя из особенностей схем с наибольшим основанием можно рекомендовать их в виброударных уплотнительных устройствах для уплотнения рабочих смесей. Для грунтоуплотняющих машин можно рекомендовать схему с соотношением $l_2 < l_4 < l_3 < l_1$ и параметром $k = 2$, имеющую большую энергию удара и реакции в опорах, но величина коэффициента кинематического восстановления скорости не должна быть более 0.2 [5].

ВЫВОДЫ

На основании сравнительного анализа существующих уплотнительных машин зарубежного и местного производства выделены и рекомендованы схемы с рациональными кинематическими параметрами для создания уплотнительных машин на основе механизмов переменной структуры С. Абдраимова для конкретных областей их применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **Pakiridinov R. R.** Development and Creation of Manual Soil Compacting Machines Based on Variable Structure Mechanisms, Dis. of Cand. Tech. Sci., Bishkek, 2007, 123 pp. [**Пакиридинов Р. Р.** Разработка и создание ручных грунтоуплотняющих машин на основе механизмов переменной структуры: дис. ... канд. техн. наук. — Бишкек, 2007. — 123 с.]

2. **Abdraimov S., Abidov A. O., Abdraimov E. S., Khalmuratov R. S., KAdyrkulov A. K., Karimov A. A., and Abdraimova N. S.** Variable structure mechanisms — New Horizons of Mechanical Engineering. Problems of the Construction Industry and Ways To Solve Them, Proceedings of the Republican Scientific-Practical Conference, Part I, Bishkek, "Technology", 2001, pp. 301–307. [Абдраимов С., Абидов А. О., Абдраимов Э. С., Халмуратов Р. С., Кадыркулов А. К., Каримов А. А., Абдраимова Н. С. Механизмы переменной структуры — новые горизонты машиностроения // Проблемы строительной отрасли и пути их решения: сб. трудов Республ. науч.-практ. конф. Ч. I. — Бишкек: "Технология" 2001. — С. 301–307.]
3. **Bakirov B. B. and Alikeev S. S.** On the Prospects for the Creation of Mining and Construction Machines in Modern Conditions, Proceedings of the Conference with the Participation of Foreign Scientists, Fundamental Problems of the Formation of a Technogenic Geoenvironment, Conference proceedings, Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences Journal, vol. III, Novosibirsk, 2010, pp. 38–44. [Бакиров Б. Б., Аликеев С. С. О перспективах создания горных и строительных машин в современных условиях // Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды: труды конф., ИГД СО РАН. — Новосибирск, 2010. — Т. III. — С. 38–44.]
4. **Alabuzhev P. M. et al.** Manual Electromechanical Percussion Machines, Moscow Nedra, 1970, 192 pp. [Алабужев П. М. и др. Ручные электромеханические машины ударного действия. — М.: Недра, 1970. — 192 с.]
5. **Bakirov B. B.** Selection and Substantiation of Rational Parameters of the Crank-Rocker Percussion Mechanisms with the largest base, Dis. of Cand. Tech. Sci., Bishkek, 2018, 155 pp. [Бакиров Б. Б. Выбор и обоснование рациональных параметров кривошипно-коромысловых ударных механизмов с наибольшим основанием: дис. ... канд. техн. наук. — Бишкек, 2018. — 155 с.]
6. **Abdraimov S. and Dzhumataev M. S.** Hinge-lever mechanisms of variable structure, Bishkek, Ilim, 1993, 177 pp. [Абдраимов С., Джуматаев М. С. Шарнирно-рычажные механизмы переменной структуры. — Бишкек: Илим, 1993. — 177 с.]