

**ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА**

УДК 677.002.43

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЙ И ИНЕРЦИОННЫХ НАГРУЗОК МЕХАНИЗМА  
ВЫДВИЖЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО БУЛЬДОЗЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Башиков Ином Турсунович, соискатель e-mail: [bashikov\\_inom@mail.ru](mailto:bashikov_inom@mail.ru), КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66.*

В статье определены ускорения характерных точек звеньев механизма выдвижения универсального бульдозерного оборудования для различного положения отвала. Приведены расчетные схемы рабочего органа универсального бульдозерного оборудования. Определена максимальная нагрузка, действующая на металлоконструкции механизма выдвижения универсального бульдозерного оборудования. Найдены зависимости для определения кинематических параметров рычажного механизма управления рабочего органа бульдозера.

**Ключевые слова:** ускорение звеньев, бульдозерное оборудование, рычажный механизм, гидроцилиндр привода, рабочий орган.

**DEFINITION THE ACCELERATIONS AND INERTIAL LOADS OF UNIVERSAL BULLDOZER  
EQUIPMENT'S MOVABLE MECHANISMS**

*Bashikov Inom, seeker, e-mail: [bashikov\\_inom@mail.ru](mailto:bashikov_inom@mail.ru), KSTU named after I.Razzakov, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Mir str., 66.*

The article includes the calculations for determine accelerations of characteristic points of the links of bulldozer equipment with a retractable blade for a variety of blade position. The paper presents the maximum load, acting to the metal construction of dozer equipment mechanisms. The dependences for determining kinematic parameters of the linkage on the control of the working body of the bulldozer are fined.

**Keywords:** acceleration of links, bulldozer equipment, linkage, hydraulic drive cylinder, the working body.

Бульдозерное оборудование с выдвигаемым отвалом в процессе копания рабочих сред совершает сложное движение [1], которое связано с изменением скоростей (появлением ускорений) звеньев механизма выдвижения отвала. Бульдозерное оборудование включает отвал 1, передних 2 и задних 3 рычагов, передних 4 и задних 5 гидроцилиндров (рис. 1). Гидроцилиндры 4 и 5 приводят в движение рычажного механизма выдвижения отвала. Рычажный механизм выдвижения отвала связан с базовой машиной на опорах  $A$ ,  $C$ ,  $N$  и  $P$ . Инерционные силы в механизме выдвижения находим для критического случая, когда бульдозерное оборудование, совершающее рабочий процесс, ударяется краем отвала (точкой  $R$ ) с неподвижным препятствием, например, железобетонной конструкцией. Возникшие силы и моменты сил инерции могут существенно влиять на работу механизма. Сначала определяем ускорения в звеньях механизма. Начнем с определением ускорения заднего звена. Точка  $O$  совершает поворотное движение, ускорение этой точки определяется с помощью двух векторных уравнений (так как шарнир  $O$  одновременно принадлежит двум звеньям: заднему рычагу и штоку заднего гидроцилиндра):

$$\vec{a}_O = \vec{a}_N + \vec{a}_{ON}^n + \vec{a}_{ON}^t ; \quad \vec{a}_O = \vec{a}_P + \vec{a}_{OP}^n + \vec{a}_{OP}^t ,$$

где  $\vec{a}_{ON}^n$ ,  $\vec{a}_{OP}^n$  - векторы нормального (центростремительного) ускорения,  $\vec{a}_{ON}^t$ ,  $\vec{a}_{OP}^t$  - векторы тангенциального ускорения, направленные перпендикулярно звеньям ускорения, в случае ускоренного вращения – в направлении угловой скорости, при замедленном – противоположную.

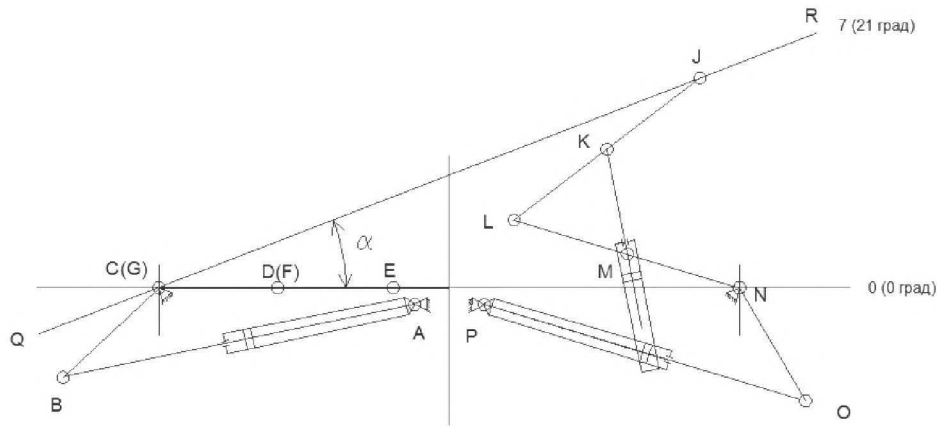


Рис. 1. Расчетная схема к определению кинематических параметров рабочего оборудование бульдозера (край отвала R занимает вперед выдвинутое положение)

Нормальные составляющие ускорения определяют по формулам

$$a_{ON}^n = \frac{v_{ON}^2}{ON} = \frac{0,029^2}{0,475} = 0,0017 \text{ м/с}^2,$$

$$a_{OP}^n = \frac{v_{OP}^2}{OP} = \frac{0,021^2}{1,214} = 0,00036 \text{ м/с}^2.$$

Ускорение точки O находим из плана ускорений. Для этого из полюса π проводим линию длиной 1000 мм параллельно ON до точки  $o^{n1}$ . Определяем масштаб ускорения  $\mu_a = a_{ON}^n / 1000 = 0,0017 / 1000 = 0,0000017 \text{ (м/(с}^2\text{мм))}$ . Из точки  $o^{n1}$  проводим линию, перпендикулярную ON. Далее из полюса π проводим линию до точки  $o^{n2}$  параллельную OP длиной  $\pi o^{n2} = a_{OP}^n / \mu_a = 0,00036 / 0,0000017 = 212 \text{ мм}$  (этот отрезок соответствует нормальной составляющей ускорения  $a_{OP}^n$ ). Из точки  $o^{n2}$  проводится линия, перпендикулярная OP. Точка пересечения этих перпендикулярных линии  $o^n$  является концом отрезка, соответствующего ускорению точки O (рис. 2).

Из плана ускорений находим значение ускорения точки O.

$$a_o = \pi o \cdot \mu_a = 1256 \cdot 0,0000017 = 0,0021 \text{ м/с}^2.$$

Ускорение точки M определяется следующими векторными уравнениями

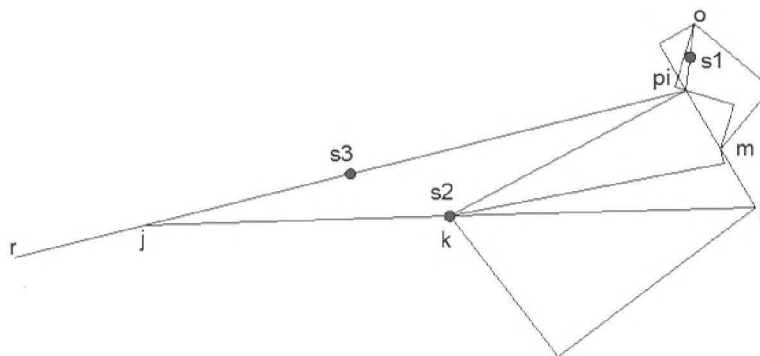


Рис. 2. План ускорений рычажного механизма рабочего оборудование бульдозера

$$\vec{a}_M = \vec{a}_N + \vec{a}_{MN}^n + \vec{a}_{MN}^t ; \quad \vec{a}_M = \vec{a}_O + \vec{a}_{MO}^n + \vec{a}_{MO}^t .$$

Нормальные составляющие ускорения:

$$a_{MN}^n = \frac{v_{MN}^2}{MN} = \frac{0,026^2}{0,475} = 0,0016 \text{ м/с}^2,$$

$$a_{MO}^n = \frac{v_{MO}^2}{MO} = \frac{0,052^2}{0,84} = 0,0032 \quad \text{м/с}^2.$$

Ускорение точки  $M$  находим из плана ускорений. Из точки  $o$  проводим линию, параллельную  $OM$  длиной, соответствующей ускорению  $a_{MO}^n$  до точки  $m^1$ . Эта длина отрезка равна  $o^1m^1 = a_{MO}^n / \mu_a = 0,0032 / 0,0000017 = 1882$  мм. Из точки  $m^1$  проводим линию, перпендикулярную  $OM$ . Далее из точки  $p^1$  проводим линию, параллельную  $NM$  длиной  $p^1m^2 = a_{MN}^n / \mu_a = 0,0016 / 0,0000017 = 941$  мм, до точки  $m^2$ . Проводим с этой точки линию перпендикулярную  $NM$ , в пересечении двух перпендикуляров найдем искомую точку  $m$ .

Из плана ускорений находим значение ускорения точки  $M$ .

$$a_M = p^1m \cdot \mu_a = 1283 \cdot 0,0000017 = 0,0022 \quad \text{м/с}^2.$$

Ускорение точки  $L$  находим из плана ускорений из условий подобия:

$$\frac{a_L}{a_M} = \frac{NL}{NM},$$

отсюда

$$a_L = a_M \frac{NL}{NM} = 0,0022 \cdot \frac{0,850}{0,425} = 0,0044 \quad \text{м/с}^2.$$

Для построения ускорения точки  $K$  строим план по векторным уравнениям

$$\vec{a}_K = \vec{a}_L + \vec{a}_{KL}^n + \vec{a}_{KL}^t; \quad \vec{a}_K = \vec{a}_M + \vec{a}_{KM}^n + \vec{a}_{KM}^t,$$

где

$$a_{KL}^n = \frac{v_{KL}^2}{KL} = \frac{0,058^2}{0,425} = 0,0079 \quad \text{м/с}^2,$$

$$a_{KM}^n = \frac{v_{KM}^2}{KM} = \frac{0,0138^2}{0,388} = 0,00049 \quad \text{м/с}^2.$$

Ускорение точки  $K$  находим из плана ускорений

$$a_K = p^1m \cdot \mu_a = 5024 \cdot 0,0000017 = 0,0085 \quad \text{м/с}^2.$$

Точка  $J$  находится на прямой линии  $LK$ . В плане ускорений находим ускорение точки  $J$  на основе метода подобий.

$$\frac{a_J}{a_K} = \frac{JL}{KL},$$

отсюда

$$a_J = a_K \frac{JL}{KL} = 0,0085 \cdot \frac{0,850}{0,425} = 0,017 \quad \text{м/с}^2.$$

Ускорение точки  $R$  находим также на основе метода подобий.

$$\frac{a_R}{a_J} = \frac{RG}{JG}, \quad a_R a_J$$

отсюда

$$a_R = a_J \frac{RG}{JG} = 0,017 \cdot \frac{3,1}{2,4} = 0,022 \quad \text{м/с}^2.$$

Находим инерционные нагрузки. Силы инерции звеньев определяем по формуле

$$U_i = m_{si} \cdot a_{si},$$

где  $m_{si}$  – масса  $i$  - того звена,  $a_{si}$  - ускорение центра масс  $i$  - того звена.

Момент силы инерции звеньев механизма выдвижения бульдозерного оборудования определяют с помощью формулы

$$T_i = J_{si} \cdot \varepsilon_{si} ,$$

где  $J_{si}$  – момент инерции  $i$  - того звена относительно оси, проходящей через центр масс звена;  $\varepsilon_{si}$  - угловое ускорение  $i$  - того звена.

После подстановки числовых значений получим следующие значения ускорений, сил инерции и моментов сил инерции для всех звеньев рычажного механизма выдвижения отвала бульдозерного оборудования:  $a_{s1} = 0,0011 \text{ м/с}^2$ ,  $a_{s2} = 0,0085 \text{ м/с}^2$ ,  $a_{s3} = 0,011 \text{ м/с}^2$ ; силы инерции  $U_1 = 477,84 \text{ Н}$ ,  $U_2 = 216,90 \text{ Н}$ ,  $U_3 = 601,94 \text{ Н}$ ; силы моментов инерции  $T_1 = 21,68 \text{ Нм}$ ,  $T_2 = 3,08 \text{ Нм}$ ,  $T_3 = 11,60 \text{ Нм}$ . Результаты вычислений приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Значения ускорений в механизме выдвижения отвала

Параметры	$a_O$	$a_M$	$a_L$	$a_K$	$a_J$	$a_R$
Значения, м/с <sup>2</sup>	0,0021	0,0022	0,0044	0,0085	0,017	0,022

Таблица 2. Значения сил инерции и моментов сил инерции в механизме выдвижения отвала

Параметры	$U_1$ , Н	$U_2$ , Н	$U_3$ , Н	$T_1$ , Нм	$T_2$ , Нм	$T_3$ , Нм
Значения	477,84	216,90	601,94	21,68	3,08	11,60

По данным таблиц видно, что в механизме выдвижения отвала бульдозерного оборудования наибольшее значение сил инерции имеет отвал бульдозера, а наибольшее значение момента сил инерции имеет заднее рычажное звено.

**Выводы:**

1. Найдены ускорения кинематических пар рычажного механизма выдвижения отвала бульдозерного рабочего оборудования на основе графических методов.
2. Определены силы инерции и моменты сил инерции звеньев механизма выдвижения бульдозерного оборудования для различных положений отвала.

**Список литературы**

1. Тургумбаев Ж.Ж., Башиков И.Т. Управляемый отвал бульдозера для очистки снежных и грунтовых завалов на горных дорогах // Известия Кырг. гос. техн. ун-та им.И.Раззакова. Бишкек: 2010. № 21. – С. 80-83.
2. Тургумбаев Ж.Ж., Урманяев С.И. Бульдозерное оборудование для расчистки горных дорог от снежных и каменных завалов //Наука и новые технологии. – 2000, № 2. – С. 131-133.

**References**

1. Turgumbaev J.J., Bashikov I.T. A controllable bulldozer equipment for clearing snow and stone rubble on mountain roads// Proceedings of Kyrgyz State Technical University named I.Razzakov. Bishkek: - 2010, No. 21. - P. 80-83.
2. Turgumbaev J.J., Urmanaev S.I. Bulldozer equipment for clearing of mountain roads from snow and stone rubble//Science and new technologies. - 2000, No. 2. - P. 131-133.

УДК 622.023

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ КРЕПКИХ РУД ОТ ВРЕМЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ - ВОЛН**

*Султаналиева Рая Мамакеевна, к.ф-м.н, проф. КГТУ им.И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр.Мира, 66, +996 705578159, e-mail:raia-ktu@mail.ru*

Приведены результаты исследований изменений температуры руд и минералов от продолжительности времени воздействия СВЧ волн. Обоснована формула определения характерной температуры, при которой реализуется эффективное измельчение руд и минералов.

**Ключевые слова:** руда; минерал; температура; микроволны; теплоемкость, удельная энергоемкость, измельчение