

УДК 62-231

Қайым Т.Т., Грибанов В.Ф., Каимов А.Т.

Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева (г.Алматы, Республика Казахстан)

**МЕТОДИКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСЧЕТА
ПАРАМЕТРОВ ИННОВАЦИОННОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА
РАБОЧЕГО ОРГАНА ОТВАЛА БУЛЬДОЗЕРА СО СЪЕМНЫМ РЕЖУЩИМ
НОЖОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ГРУНТА (РОССЫПИ, ТОРФ)**

Разработаны методы обоснования и выбора структурных, размерных и режимных параметров адаптивных исполнительных механизмов рабочих органов отвала бульдозера со съёмным режущим ножом с учетом принципа адаптации к условиям разрабатываемого участков массива грунта.

The methods of study and selection of structural, dimensional and operational parameters of the adaptive actuators of the working bodies of the dozer blade with a removable cutting knife with regard to the principle of adaptation to the conditions of the developed areas of soil.

Ключевые слова: исполнительный механизм, математическая модель, адаптация к условиям среды, кинематические, силовые параметры.

Keywords: actuating mechanism, mathematical model, adaptation to environment conditions, kinematic and power parameters.

Повышение эффективности исполнительного механизма рабочего органа (ИМ РО) отвала бульдозера достигается в основном методами, обеспечивающими снижение силы сопротивления разрушения участка массива грунта (УМГ) при воздействии на него ИМ РО отвала бульдозера. Эффект по снижению силы сопротивления разрушения УМГ достигается в основном за счет использования приемов, облегчающих внедрение ИМ РО отвала бульдозера в УМГ и последующее отделение кусков и частиц грунта от него.

Один из наиболее распространенных методов, обеспечивающих интенсификацию рабочих процессов, осуществляемых ИМ РО отвала бульдозера, заключается в рационализации формы ножевой системы ИМ РО отвала бульдозера [1-8]. На рисунке 1 приведена инновационная структурно-кинематическая схема ИМ РО отвала бульдозера со съёмным режущим ножом [4].

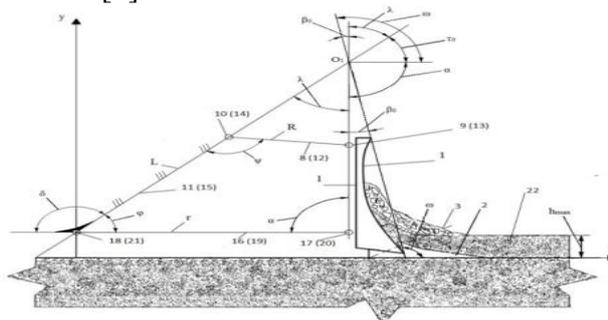


Рисунок 1. Инновационная структурно-кинематическая схема ИМ РО отвала бульдозера со съёмным режущим горизонтально расположенным ножом для определения угла разрушения УМГ съёмным режущим ножом и установки его оптимального положения в зависимости от физико-механических свойств УМГ.

Методология исследования базируется на системном подходе, при котором ИМ РО отвала бульдозера – разрабатываемая среда рассматривается как единая система взаимосвязанных и взаимодействующих элементов. В процессе синтеза ИМ РО отвала

бульдозера в зависимости от условий задачи некоторые параметры необходимо задавать, т.е. они будут являться так называемыми задаваемыми параметрами (ЗП). Остальные параметры схемы структуры ИМ РО отвала бульдозера подлежат определению путем вычислений, т.е. они называются определяемыми параметрами (ОП). Сумма ЗП и ОП должна равняться количеству вычисляемых параметров (ВП) ИМ РО отвала бульдозера со съемным режущим ножом. Исходная задача сводится к синтезу шарнирного четырехзвенника по заданным пяти положениям входного и выходного звеньев r и R , ВП = 10 ($L, r, l, R, \omega, \delta, \beta_0, \alpha, \varphi, \psi$), ЗП=3($L, (\omega - \delta), \beta_0 + \varphi$) и ОП =4(r, R, l, α) (рисунок 1), [4], где: r – длина толкающего бруса между шарнирами крепления его к отвалу бульдозера со съемным режущим ножом и шарнирами крепления его к кронштейну; R – длина раскоса между шарнирами крепления его к отвалу бульдозера со съемным режущим ножом и шарнирами крепления его к кронштейну; L – длина кронштейна между толкающим брусом и раскосом; l – расстояние между шарнирами крепления толкающего бруса и раскоса к отвалу бульдозера со съемным режущим ножом; ω – переменный (управляемый) угол установки отвала бульдозера со съемным режущим ножом между прямой линией, соединяющей внешнюю верхнюю и нижнюю кромки отвала бульдозера, и горизонтальной линией внешней поперечной оси основания жестко установленного съемного режущего ножа отвала бульдозера со съемным режущим ножом горизонтально расположенного УМГ; δ – постоянный конструктивный угол между линией, являющейся продолжением продольной оси толкающего бруса, и линией продольной оси кронштейна; β_0 – постоянный конструктивный угол между прямой линией, соединяющей внешние верхнюю и нижнюю кромки отвала бульдозера со съемным режущим ножом, и линией, соединяющей шарниры крепления толкающего бруса и раскоса к отвалу бульдозера со съемным режущим ножом; α – переменный угол между линией продольной оси толкающего бруса и линией, соединяющей шарниры крепления нижнего толкающего бруса к отвалу бульдозера со съемным режущим ножом, и шарниры крепления раскоса к отвалу бульдозера со съемным режущим ножом; φ – угол между продольными осями толкающего бруса и кронштейна; ψ – угол между линией, соединяющей шарниры крепления кронштейна, и линией, соединяющей шарниры раскоса. По условию синтеза заданы следующие параметры: $\omega, \delta, \beta_0, \alpha, \varphi_i, \psi_i$, где $i=1, 2, 3, 4, 5$. Структурная схема ИМ РО отвала бульдозера со съемным режущим ножом представляется как замкнутая векторная система: $\vec{r} + \vec{l} = \vec{L} + \vec{R}$. После проектирования на декартовы оси этой системы связанных векторов, получается система уравнений [2]:

$$\begin{cases} r \cos(\varphi + \delta) + L \cos \beta_0 + R \cos(\psi + \omega) = l \cos \alpha, & (1) \\ r \sin(\varphi + \delta) + L \sin \beta_0 + R \sin(\psi + \omega) = l \sin \alpha. & (2) \end{cases}$$

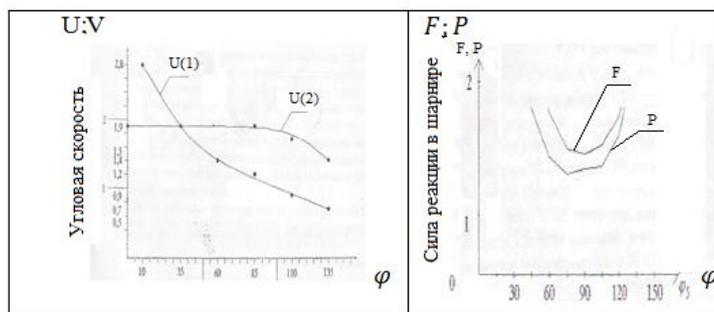
После преобразования и введения соответствующих обозначений окончательно получается следующее трансцендентное уравнение [2]:

$$B_i X_1 + C_i X_2 + D_i X_3 + E_i X_4 = \cos[(\varphi_i - \psi_i) + (\omega - \delta)] - \cos[(\varphi_i - \psi_i) - (\omega - \delta)], \quad (3)$$

где $X_1 = \frac{\cos \delta}{R}$; $X_2 = \frac{\sin \delta}{R}$; $X_3 = \frac{\cos \omega}{r}$; $X_4 = \frac{\sin \omega}{r}$; $B_i = L(\cos \varphi_{i-1} - \cos \varphi_i)$; $C_i = L(\sin \varphi_{i-1} - \sin \varphi_i)$; $D_i = L(\cos \psi_{i-1} - \cos \psi_i)$, $E_i = L(\sin \psi_{i-1} - \sin \psi_i)$ и $i=2, 3, 4, 5$.

После определения функции положения ИМ РО отвала бульдозера со съемным режущим ножом из системы уравнений (1) и (2), взяв первые и вторые производные от этих уравнений по обобщенной координате φ , получают кинематические и динамические характеристики ИМ РО отвала бульдозера со съемным режущим ножом. Кинетостатический анализ ИМ РО отвала бульдозера со съемным режущим ножом проведен классическим методом анализа условий равновесия структурных групп Ассур II – класса [2]. По результатам расчета построены графики зависимости кинематических и динамических характеристик инновационного ИМ РО отвала бульдозера со съемным

режущим ножом от физико-механических характеристик разрабатываемого УМГ (рисунок 2).



φ – обобщенный угол, определяемый между продольными осями толкающего бруса и кронштейна (рад)

Рисунок 2. Графики зависимости показателей параметров инновационного ИМ РО отвала бульдозера со съёмным режущим ножом от физико – механических характеристик разрабатываемого УМГ. а) графики зависимости угловой скорости перемещения инновационного ИМ РО отвала бульдозера со съёмным режущим ножом от физико–механических характеристик разрабатываемого УМГ (1 – существующего ИМ РО отвала бульдозера; 2 – инновационного ИМ РО отвала бульдозера со съёмным режущим ножом); б) графики зависимости сил реакций в шарнирах инновационного ИМ РО отвала бульдозера со съёмным режущим ножом от физико – механических характеристик разрабатываемого УМГ (P – реакция сил сопротивления в узлах, шарнирах инновационного ИМ РО отвала бульдозера со съёмным ножом, F – реакция сил сопротивления в узлах шарниров ИМ РО отвала существующих бульдозеров).

Разработаны методы обоснования и выбора структурных, размерных и режимных параметров адаптивных исполнительных механизмов рабочих органов отвала бульдозера со съёмным режущим ножом с учетом принципа адаптации к условиям разрабатываемого участков массива грунта.

Литература:

1. Қайым Т.Т., Каимова Г.Т., Таиров Ж.Л. Структурно- кинематический синтез параметров адаптивного исполнительного механизма рабочих органов подъемно-строительных и дорожных машин. // Научный журнал - «Поиск» МОиН РК № 2 (2) - Алматы, 2013. - С. 17-22.
2. Қайым Т.Т. Адаптирующиеся многоцелевые рабочие органы строительных и дорожных машин. /Монография. – Алматы, 1998. - 148 с.
3. Қайым Т.Т., Таиров Ж.Л. Обоснование и выбор параметров адаптирующегося исполнительного механизма навесного оборудования бульдозера. Сборник материалов Международной конференции, посвященной 90-летию академика О.Д. Алимова» - Бишкек, 2013. - С. 31-35.
4. Қайым Т.Т., Джолдасбеков С.У., Джуматаев М.С., Грибанов В.Ф., Таиров Ж.Л., Каимов С.Т., Каимов А.Т. и др. Положительное решение на выдачу инновационного патента на изобретение по заявке № 1361. «Бульдозерное оборудование». РК. – Астана, 2015. – 17 с.
5. Қайым Т.Т., Каимова Г.Т., Таиров Ж.Л. Математическое моделирование стохастических процессов динамических систем для функциональной отработки управления рабочими органами строительных и дорожных машин на ранних стадиях проектирования. //Сборник материалов Международной научно-технической конференции ученых – механиков, посвященной памяти академика С. А. Абдраимова. - Бишкек, 2015. - С. 29-34.
6. Баловнев В.И., Данилов Р.Г. Система регулирования глубины резания грунтов. // Строительные и дорожные машины. 2015, № 9. - С. 48-51.
7. Сурашов Н.Т., Козбагаров Р.А., Камзанов Н.С. Влияние угла захвата и наклона боковых граней ножа отвала бульдозера на силу резания грунта. // Вестник КазНУ им. К.Сатпаева, 2015, № 6. - С. 155-159.

8. Камзанов Н.С., Козбагаров Р.А. Определение величины сопротивления грунта резанию и ширины режущих граней многопрофильными ножами отвала землеройно-строительных машин. // Вестник КазНИТУ им. К.Сатпаева, 2015, № 4. - С. 308-315.