

УДК 502/504:631.311.5

М. А. КАРАПЕТЯН, Х. А. АБДУЛМАЖИДОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАБОЧЕГО ОРГАНА КАНАЛООЧИСТИТЕЛЯ РР-303

Рассматриваются вопросы динамики и конструирования рабочего органа каналоочистителя. Статья посвящена задаче идентификации динамической системы привода рабочего органа каналоочистителя. Выполнен анализ динамики машины, движение элементов которой описывается системой уравнений математической модели процесса управления скоростью движения ковша с учетом динамики гидропривода. Рассматривается вопрос эффективного использования ковша каналоочистителя при очистке дна от наносов. Применение разработанного ковша каналоочистителя с трапецидальным сечением позволяет очищать дно от наносов и заилений и прилегающие ко дну части откосов каналов. Приводятся схемы каналоочистителя РР-303 и разработанного рабочего органа. Отмечается, что учет интенсивности работы ковша преимущественно связан с цикличностью работы машины. Динамической характеристикой нагрузки, действующей на каналоочиститель во время проведения рабочей операции, является возможная интенсивность возрастания сопротивлений из-за совместного влияния множества факторов. Соответствующий показатель процесса должен характеризовать увеличение нагрузки относительно одного из параметров движения рабочего органа (времени, пути, скорости). Рабочая операция производится не в движении всей машины, а только ковша. Производительность машины связана с количеством наносов и заилений в канале, которые распределены крайне неравномерно. Неоднородность грунта может приводить к весьма существенным изменениям сопротивления копанью.

Каналоочиститель, гидропривод рабочего органа, математическая модель, динамические характеристики.

There are considered questions of dynamics and designing of the operating element of the channel cleaner. The article concerns the task of identification of the dynamic system of the operating element drive of the channel cleaner. The analysis is fulfilled of the machine dynamics, the movement of its elements is described by the system of equations of the mathematical model of the speed control process of the bucket taking into consideration the hydrodrive dynamics. There is considered a question of the efficient use of the channel cleaner bucket when treating the bottom from sediments. Usage of the developed bucket of the channel cleaner with a trapezoid section allows clean the bottom from alluvia and sediments and parts of channels slopes adjoining to the bottom. There are given schemes of channel cleaner RR-303 and developed operating element. It is noted that consideration of the bucket operation intensiveness is mainly connected with the cyclicity of the machine operation. The dynamic characteristics of the load acting on the cleaner during the operation is a possible intensiveness of resistances increasing due to the joint impact of many factors. The corresponding indicator of the process should characterize a load increment in relation to one of the parameters of the moving operating element (time, distance, speed). The operation is carried out in moving only of the bucket, not the whole machine. The capacity of the machine is connected with a quantity of alluvia and sediments in the channel which are distributed extremely unevenly. Heterogeneity of soil can lead to rather considerable changes of digging resistance.

Channel cleaner, hydrodrive of the operating element, mathematical model, dynamic characteristics.

Теоретическое исследование динамики каналоочистителя РР-303 (рис. 1) связано с составлением и решением уравнений движения его ковша, вид которых

зависит от числа степеней свободы системы, конструкции рабочего оборудования и характера зависимостей, связывающих между собой переменные величины.

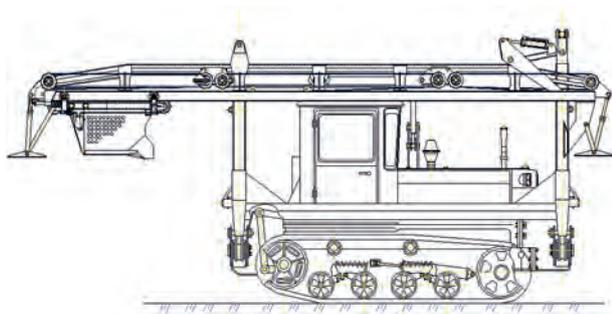


Рис. 1. Каналоочиститель PP-303

Согласно принципам динамики землеройных машин рассмотрение рабочего оборудования каналоочистителя возможно как системы твердых тел, соединенных упругими и фрикционными связями и находящимися под действием сил движущих и сил сопротивления копанию. Крутящий момент двигателя, передаваемый через элементы гидропривода, в результате взаимодействия ковша с грунтом реализуется в виде касательной силы. В гидроприводе передача крутящего момента двигателя M_d осуществляется через гидронасос, трубопровод и гидроцилиндры, а также через полиспаг. Пределом касательной силы, которая может быть реализована гидроприводом, является толкающая сила.

Также передача энергии двигателя осуществляется через трансмиссию и движители. В определенных условиях, в таких как передвижение каналоочистителя с транспортной скоростью, поток мощности, передаваемый по этому направлению, может составлять значительную часть мощности двигателя. С учетом того, что каналоочиститель PP-303 является машиной циклического и позиционного действия, в данной статье рассматривается случай, когда энергия двигателя реализуется только на привод рабочего оборудования.

Новый рабочий орган каналоочистителя (рис. 2) с характерным трапецидальным профилем, разработанный для очистки не только дна, но и прилежащих ко дну откосов осушительных каналов, наносов и заилений, в процессе копания грунта преодолевает сопротивление копания, горизонтальная составляющая которого P_k в общем случае является переменной.

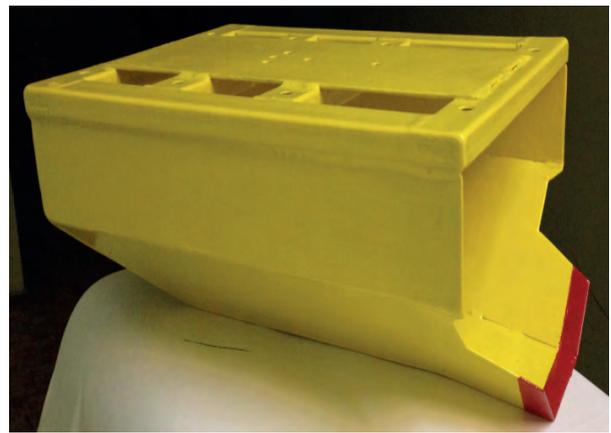


Рис. 2. Ковш каналоочистителя

Силовая цепь привода рабочего органа и двигатель машины можно рассматривать как ряд сосредоточенных масс, обладающих следующими моментами инерции: J_1 – вала двигателя и всех его частей (включая маховик и главную муфту сцепления) и приведенный к валу; J_2 и J_3 – вращающихся деталей привода управления.

Пусть m – масса поступательно движущихся частей рабочего оборудования, $m_{p.o}$ – масса рабочего оборудования. Эти массы соединены между собой упругими связями в виде валов, муфт, зубчатых зацеплений, деталей металлических конструкций и элементов гидропривода. Качество этих связей характеризуется коэффициентами жесткости C , выражающими соответствующие угловые или линейные перемещения под действием единичных моментов или сил. C_1, C_2, C_3 – крутильные жесткости соответствующих элементов привода рабочего оборудования, передающих поступательное движение рабочему органу.

Также обозначены следующие жесткости элементов конструкции: C_p – жесткость (линейная) элементов рабочего оборудования; C_n – жесткость опорных стоек; $C_{p.o}$ – жесткость рабочего оборудования (жестких направляющих); $C_{n,y}$ – жесткость привода управления в той его части, которая воспринимает пассивные нагрузки, возникающие при копании грунта и разработке наносов.

Изменение сопротивлений, возникающих на рабочем органе каналоочистителя, описывается некоторой функцией перемещения его рабочего органа в горизонтальном направлении s . Таким образом, характеристикой изменения сопротивлений на рабочем органе является величина $A = dP_k/ds$.

При анализе динамики данной системы ее движение описывается системой уравнений, количество которых равно

количеству сосредоточенных масс. Такой системой уравнений для каналоочистителя будет:

$$J_1 \ddot{a}_1 = M_d(\dot{a}) - C_1(a_1 + a_2);$$

$$J_2 \ddot{a}_2 = C_1(a_1 - a_2) - C_2(a_2 + a_3);$$

$$J_3 \ddot{a}_3 = C_2(a_2 - a_3) - C_3(a_3 + a_4);$$

$$m_{p.o} \ddot{s} = C_{p.o}(s_{p.o} - s) - P_k(s),$$

где a – угловые перемещения масс; s – линейные перемещения масс.

Система уравнений действительна при соблюдении следующих дополнительных условий.

Сопротивление грунта и наносов копанью не является величиной постоянной. Основными причинами изменения сопротивлений являются естественная неоднородность наносов, случайные и закономерные изменения положения направляющей рамы, передаваемые на рабочий орган (ковш), неровности и неравномерности распределения заилений и песка.

Неоднородность грунта может приводить к существенным изменениям сопротивления копанью. Например, в неоднородных грунтах такое непреодолимое препятствие как крупный камень приводит к быстрому или мгновенному возрастанию нагрузки.

Динамической характеристикой нагрузки, действующей на каналоочиститель во время проведения рабочей операции, является возможная интенсивность возрастания сопротивлений из-за совместного влияния множества факторов. Соответствующий показатель процесса должен характеризовать увеличение нагрузки относительно одного из параметров движения рабочего органа (времени, пути, скорости). Считая главным фактором, определяющим величину сопротивлений, которые возникают в данных условиях эксплуатации, положение рабочего органа в грунте, в качестве важного параметра можно принять путь пройденный ковшем.

Интенсивности возрастания сопротивлений копанью A определяется как приращение сопротивления копанью dP_k на бесконечно малом участке пути ds , пройденного рабочим органом по дну канала. Если на данной ранней стадии процесса интенсивность A_p возрастания сопротивления резанию является определяющей, то этой стадии соответствует:

$$A_p = dP_p/ds.$$

Выражение интенсивности возрастания сопротивлений позволяет определить текущее значение сопротивления копанью в

виде интеграла

$$P_k = \int_{s_0}^{s_1} A ds,$$

если постоянная для данного процесса величина A не зависит от пути копания, то $P_k = A(s_1 - s_0)$.

Процесс сопротивления копанью может быть описан следующей линейной зависимостью:

$$P_{c1} = P_0 + A(s_1 - s_0).$$

откуда постоянная интенсивность A возрастания сопротивления копанью:

$$A = (P_{c1} - P_0)/(s_1 - s_0).$$

Такое выражение интенсивности позволяет получить для некоторых основных случаев решения дифференциальных уравнений движения ковша каналоочистителя в алгебраическом виде.

Выводы

Применение нового ковша каналоочистителя с трапецеидальным сечением позволяет очищать не только дно от наносов и заилений, но и прилежащие ко дну части откосов каналов.

Учет интенсивности работы ковша преимущественно связан с цикличностью работы машины в целом. Рабочая операция производится не в движении всей машины, а только ковша.

Производительность машины связана с количеством наносов и заилений в канале, которые распределены крайне неравномерно.

1. Абдулмажидов Х. А. Совершенство-вание рабочего оборудования каналоочистителя РР-303 // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2011. - № 2 (47). – С. 58–60.

2. Применение методов имитационного моделирования в механизации мелиоративного строительства / Новиченко А. И. [и др.]. // Природообустройство. – 2013. – № 3. – С.76–80.

Материал поступил в редакцию 19.02.15.

Карпетян Мартик Аршалуйсович, доктор технических наук, доцент кафедры эксплуатации, электрификации и автоматизации технических средств и систем природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях
Тел. 8 (499) 976-21-61

E-mail: karapetyan.martik@yandex.ru

Абдулмажидов Хамзат Арсланбекович, кандидат технических наук, доцент кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях

E-mail: Hamzat72@mail.ru