

7. *Rukovodstvo po ekspluatatsii* [Manual] 2ES6.00.000.000 RE.

8. Malygin A.A. *Jelektrovoz 2JeS-6* [2ES-6 electric locomotive]. Transizdat, 2010-178 p.

Гателюк Олег Владимирович (Россия, г. Омск) – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Высшая математика» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС) (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: GatelukOV@omgups.ru).

Даньшин Вадим Геннадьевич (Россия, г. Омск) – инженер Сервисного Депо Московка (644058, г. Омск, Деповская 1, e-mail: D.W.ru@mail.ru).

Gatelyuk Oleg Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of physical and mathematical sciences, associate professor «Higher mathematics», Omsk State Transport University (OSTU) (644046, Omsk, Marx av. 35, e-mail: GatelukOV@omgups.ru)

Danshin Vadim Gennadevich (Russian Federation, Omsk) – engineer of service depot Moskovka (644058, Omsk, Depovskaya 1, e-mail: D.W.ru@mail.ru)

УДК 621.878.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА АВТОГРЕЙДЕРА НА ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

В. П. Денисов¹, И. И. Матяш², К. В. Зубарев¹

¹ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

²ОАО «Мостовое ремонтно-строительное управление» (МРСУ), Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье затрагивается тема производительности автогрейdera. Рассмотрен рабочий процесс землеройно-транспортной машины. Приведены сведения о влиянии конструктивных параметров отвала автогрейdera на суммарную силу сопротивления перемещению грунта и тяговую мощность. Выявлены функциональные зависимости критерия максимизации эксплуатационной производительности автогрейdera. На основе приведенных данных представлен способ повышения эксплуатационной производительности.

Ключевые слова: автогрейдер, отвал, сила сопротивления, грунт, производительность.

Введение

Строительство автомобильных дорог связано с производством значительного объема земляных работ, которые производятся с помощью землеройно-транспортных машин (ЗТМ). Одними из универсальных ЗТМ, широко применяемых при дорожном строительстве, являются автогрейдеры [1 – 3, 7].

Определение силы сопротивления движению автогрейdera, производительности автогрейdera

Автогрейдер (рисунок 1) способен производить резание, продольное и поперечное перемещение, разравнивание грунта, а также отделочные операции. Поэтому инженерная и конструкторская мысль уделяет развитию автогрейдеров и совершенствованию конструкции отвала – основного рабочего органа – большое внимание.

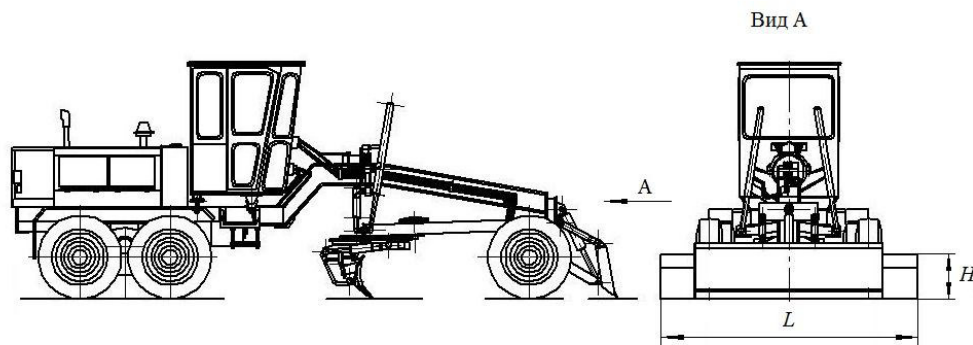


Рис. 1. Автогрейдер

Одним из основных недостатков существующих конструкций автогрейдеров является невозможность изменения конструктивных размеров отвала при работе на различных грунтовых условиях, что приводит к снижению производительности автогрейдера и, соответственно, к увеличению стоимости разработки грунта, невозможности рационального использования тяговой мощности автогрейдера.

Совершенствование конструкции рабочего органа автогрейдера с целью повышения производительности является актуальной научно-технической задачей.

При проектировании отвала и определении его оптимальной длины необходимо учитывать переменный характер нагрузки на отвале, а также величину нагрузки, связанную с длиной отвала.

Сила сопротивления на отвале, зависящая от его длины, скорость автогрейдера и тяговая мощность автогрейдера взаимосвязаны. От силы сопротивления перемещению грунта, подверженной временным изменениям, зависит буксование и частота вращения ведущих колес. Эти величины влияют на скорость, и, следовательно, на тяговую мощность автогрейдера.

При выполнении операции перемещения грунта на рабочий орган автогрейдера в установившемся режиме действуют следующие силы сопротивления:

Сила сопротивления W_p резанию грунта ножом отвала определяется по формуле:

$$W_p = K \cdot h \cdot L \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

где K – удельное сопротивление грунта резанию; h – глубина резания; L – длина отвала; α – угол захвата.

Сила сопротивления W_n поступательному перемещению перед отвалом призмы волочения грунта определяется выражением:

$$W_n = V \cdot \lambda \cdot f \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

где V – объем призмы волочения; λ – насыпной вес призмы волочения; f – коэффициент внутреннего трения грунта.

Объем призмы волочения определяется по формуле:

$$V = \frac{L \cdot (H - h)^2}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi} \cdot K_3, \quad (3)$$

где L – длина отвала; H – высота отвала; h – глубина резания; φ – угол естественного откоса насыпного грунта; K_3 – коэффициент заполнения отвала грунтом.

Высоту отвала в зависимости от его длины рекомендуется определять по следующей формуле [5]:

$$H = 0,2 \cdot L - 0,12. \quad (4)$$

Сила сопротивления W_c трению призмы волочения при ее перемещении вдоль отвала равна:

$$W_c = V \cdot \lambda \cdot f \cdot f_1 \cdot \cos \alpha, \quad (5)$$

где V – объем призмы волочения; λ – насыпной вес призмы волочения; f – коэффициент внутреннего трения грунта; f_1 – коэффициент трения грунта об отвал; α – угол захвата.

Сила сопротивления грунта W_e при движении его вверх по отвалу определяется по формуле:

$$W_e = V \cdot \lambda \cdot \cos^2 \gamma \cdot f_1 \cdot \sin \alpha, \quad (6)$$

где V – объем призмы волочения; λ – насыпной вес призмы волочения; γ – угол резания ножа; f_1 – коэффициент трения грунта об отвал; α – угол захвата.

Суммарная сила сопротивления перемещению грунта, действующая на рабочий орган в установившемся режиме и препятствующее движению автогрейдера, определяется выражением:

$$P_{cp} = W_p + W_n + W_c + W_e. \quad (7)$$

К суммарной силе сопротивления перемещению грунта P_{cp} прибавляется сила сопротивления качению автогрейдера P_f .

Сила сопротивления качению для условия движения машины по свежесрезанному плотному грунту по горизонтальной поверхности равна [3, 6]:

$$P_f = f_k \cdot G, \quad (8)$$

где f_k – коэффициент сопротивления качению пневмоколесного ходового оборудования; G – сила тяжести автогрейдера.

При установившемся движении автогрейдера сила тяги, развиваемая на колесном движителе, равна силе сопротивления, т.е.

$$T = P_{cp} + P_f, \quad (9)$$

где T – сила тяги; P_{cp} – суммарная сила сопротивления перемещению грунта; P_f – сила сопротивления качению.

Степень использования тягового ресурса двигателя можно оценивать величиной тяговой мощности автогрейдера N , используемой при перемещении грунта. Тяговая мощность определяется как

произведение силы тяги на действительную скорость машины:

$$N = T \cdot v, \quad (10)$$

где T – сила тяги; v – рабочая скорость движения автогрейдера при перемещении грунта.

Важнейшим параметром, характеризующим оптимальность рабочего процесса автогрейдера как землеройно-транспортной машины, является его производительность [4,7]. Повышение производительности автогрейдера при строительстве земляного сооружения возможно за счет сокращения количества проходов, необходимых для поперечного перемещения валиков грунта, и затраченного на эту операцию времени. В связи с этим необходимо увеличивать длину отвала и скорость движения машины при перемещении грунта. При этом увеличение длины отвала и связанное с ним повышение рабочих сопротивлений ограничены тяговыми возможностями автогрейдера. Кроме того, увеличение тяговой нагрузки на отвале может привести к снижению скорости автогрейдера.

Эксплуатационная производительность автогрейдера при строительстве земляного полотна дороги определяется по формуле [7]:

$$\Pi = \frac{F_n \cdot l \cdot K_s}{l \cdot \left(\frac{n_3}{v_3} + \frac{n}{v} + \frac{n_o}{v_o} \right) + t_n \cdot (n_3 + n + n_o)} \rightarrow \max, \quad (11)$$

где l – длина захватки; F_n – площадь поперечного сечения насыпи; K_s – коэффициент использования машины по времени; n_3 , n , n_o – количество проходов автогрейдера при зарезании, перемещении грунта и отделке насыпи; v_3 , v , v_o – рабочие скорости движения автогрейдера при зарезании, перемещении грунта и отделке насыпи; t_n – время, затрачиваемое на разворот автогрейдера в конце захватки.

Количество проходов при перемещении грунта определяется следующим образом:

$$n = \frac{L_u}{L_n} \cdot K_{nn}, \quad (12)$$

где L_u – среднее расстояние перемещения вырезанных валиков грунта; L_n – расстояние перемещения грунта за один проход автогрейдера; K_{nn} – коэффициент перекрытия проходов при перемещении валиков грунта.

Эксплуатационная производительность стремится к максимуму, когда знаменатель

(11), соответствующий времени возведения участка земляного полотна, стремится к минимуму. С учетом того, что знаменатель является аддитивной величиной, этому требованию отвечает условие

$$\frac{n}{v} \rightarrow \min. \quad (13)$$

С учетом выражения (12)

$$\frac{L_u \cdot K_{nn}}{v \cdot L_n} \rightarrow \min; \quad (14)$$

или

$$\frac{v \cdot L_n}{L_u \cdot K_{nn}} \rightarrow \max. \quad (15)$$

Дальность перемещения валика грунта L_n за один проход равна:

$$L_n = L \cdot \sin \alpha, \quad (16)$$

где L – длина отвала; α – угол захвата.

Получаем критерий максимизации эксплуатационной производительности автогрейдера:

$$\Pi_L = \frac{v \cdot L \cdot \sin \alpha}{L_u \cdot K_{nn}} \rightarrow \max, \quad (17)$$

где v – рабочая скорость движения автогрейдера при перемещении грунта; L – длина отвала; α – угол захвата; L_u – среднее расстояние перемещения вырезанных валиков грунта; K_{nn} – коэффициент перекрытия проходов при перемещении валиков грунта.

Функциональные зависимости критерия максимизации эксплуатационной производительности автогрейдера представлены на рисунках 2-3.

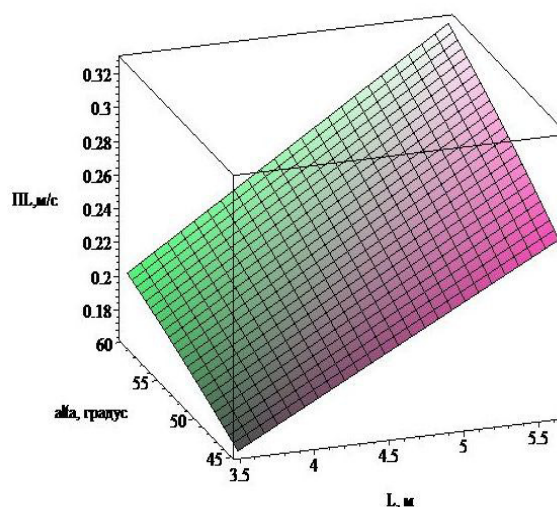


Рис. 2. Зависимость критерия максимизации эксплуатационной производительности автогрейдера от длины отвала и угла захвата α (при $v = 1$ м/с, $L_u = 13$ м)

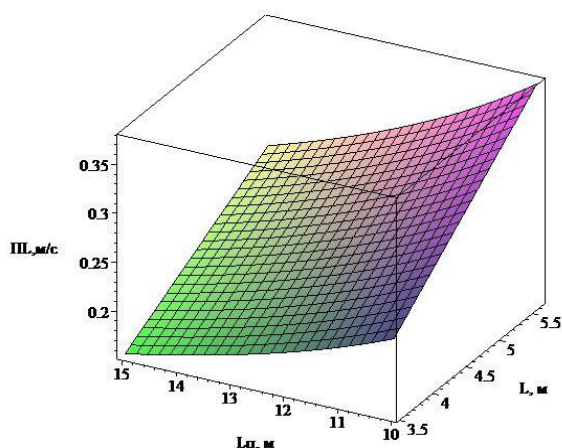


Рис. 3. Зависимость критерия максимизации эксплуатационной производительности автогрейдера от длины отвала и расстояния L_u (при $v = 1 \text{ м/с}$, $\alpha = 50^\circ$)

Расстояние L_u обусловлено проектными геометрическими размерами земляного сооружения. Угол захвата α выбирается из условия наилучшего перемещения грунта по отвалу; на основе практического опыта при перемещении валика грунта этот параметр обычно принимают $\alpha = 50$. Коэффициент перекрытия проходов $K_{np} = 1,15$ выбирается, исходя из ширины валика и связности грунта [6,7].

Выводы

Сила сопротивления на отвале, зависящая от его длины, скорость автогрейдера и тяговая мощность автогрейдера взаимосвязаны. Получена зависимость производительности автогрейдера от скорости автогрейдера и длины отвала. Повышение производительности автогрейдера при строительстве земляного сооружения возможно за счет сокращения количества проходов, необходимых для поперечного перемещения валиков грунта, и затраченного на эту операцию времени. В связи с этим необходимо увеличивать длину отвала и скорость движения машины при перемещении грунта.

Библиографический список

1. Денисов, В.П. Результаты экспериментальных исследований автогрейдера с отвалом переменной длины / В.П. Денисов, И.И. Матяш, В.А. Мещеряков // Строительные и дорожные машины. – 2001. – № 5. – С. 13.
2. Денисов, В.П. Математическое моделирование рабочего процесса автогрейдера для оптимизации длины отвала при случайном характере нагрузок / В.П. Денисов, К.В. Зубарев,

С.С. Журавлев // Вестник СибАДИ – 2014. – № 3 (37). – С. 72 – 78.

3. Алексеева, Т.В. Дорожные машины. Ч.1. Машины для земляных работ 3-е изд., перераб. и доп. / Т.В. Алексеева, К.А. Артемьев, А.А. Бромберг и др. – М.: Машиностроение, 1972. – 504с.

4. Горелышев, Н.В. Технология и организация строительства автомобильных дорог / Н.В. Горелышев, С.М. Полосин-Никитин, М.С. Коганзон и др.; под ред. Н.В. Горелышева. – М.: Транспорт, 1992. – 551с.

5. Холодов, А.М. Проектирование машин для земляных работ / А.М. Холодов. – Харьков: Вища школа, 1986. – 272 с.

6. Холодов, А. М. Землеройно-транспортные машины / А.М. Холодов, В.В. Ничке, Л.В. Назаров. – Харьков: Вища школа, 1982. – 192 с.

7. Шмаков, А. Т. Эксплуатация дорожных машин. / А.Т. Шмаков. – М.: Транспорт, 1987. – 398 с.

RESEARCH OF INFLUENCING CONSTRUCTIVE PARAMETERS OF AN AUTOGRADER'S OPERATING DEVICE ON ITS PERFORMANCE

V. P. Denisov, I. I. Matyash, K. V. Zubarev

Abstract. The article touches upon the theme of an autograder's performance. There is considered a working process of an earth-moving machine. The data on the influence of constructive parameters of the autograder's blade on the total force of resistance to soil's movement and pulling power is presented. There are identified functional dependencies of a criterion of maximizing operational performance of the autograder. On the basis of present data there is provided a method of improving operational performance.

Keywords: autograder, blade, force of resistance, soil, performance.

References

1. Denisov V.P., Matyash I.I., Meshcheryakov V. A. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy avtogreydera s otvalom peremennoy dliny [The results of experimental studies of an autograder with a blade of a variable length]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2001, no. 5. pp. 13.
2. Denisov V.P., Zubarev K.V., Zhuravlev S.S. Matematicheskoye modelirovaniye rabocheho protsessa avtogreydera dlya optimizatsii dliny otvala pri sluchaynom kharaktere nagruzok [Mathematical modeling of an autograder's working process to optimize the blade's length at the randomness of loads]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 3 (37), pp. 72-78.
3. Alekseeva T.V., Artemev K.A., Bromberg A.A. *Dorozhnyye mashiny. ch. 1. Mashiny dly zemlyanykh rabot* [Road machines. P. 1. Earth moving machines]. Moscow, Mashinostroenie, 1972. 504 p.
4. Gorelyshev N.V., Polosin-Nikitin S.M., Koganzon M.S. *Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'stva avtomobil'nykh dorog* [Technology and organization of road construction]. Moscow, Transport, 1992. 551 p.

5. Kholodov A.M. *Proyektirovaniye mashin dlya zemlyanykh rabot* [Designing machines for earthworks]. Kharkov, Vysshaya Shkola, 1986. 272 p.

6. Kholodov A.M., Nitschke V.V., Nazarov L.V. *Zemleroyno-transportnyye mashiny* [Earth-moving machines]. Kharkov, Vysshaya Shkola, 1982. 192 p.

7. Shmakov A.T. *Ekspluatatsiya dorozhnykh mashin* [Operation of road machines]. Moscow, Transport, 1987. 398 p.

Денисов Владимир Петрович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО СиБАДИ (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: vpdenisov@mail333.com).

Матяш Иван Иванович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, генеральный директор ОАО «МРСУ» (644036 Россия, г. Омск, ул. 1-я Казахстанская, 9, e-mail: mrsu_omsk@mail.ru).

Зубарев Константин Викторович (Россия, г. Омск) – аспирант ФГБОУ ВПО СиБАДИ (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: kv.zubarev@gmail.com).

Denisov Vladimir Petrovich (Russia, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the Siberian State Automobile and Highway Academy "SibADI" (644080 Russia, Omsk, Mira ave. 5, e-mail: vpdenisov@mail333.com).

Matyash Ivan Ivanovich (Russia, Omsk) – candidate of technical sciences, General Director of JSC "MRSU" (644036 Russia, Omsk, 1st Kazahctanskaya st., 9, e-mail: mrsu_omsk@mail.ru).

Zubarev Konstantin Viktorovich (Russia, Omsk) – postgraduate student of the Siberian State Automobile and Highway Academy "SibADI" (644080 Russia, Omsk, Mira ave. 5, e-mail: kv.zubarev@gmail.com).

УДК 621.43

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА МОНТАЖА ГОЛОВОК ЦИЛИНДРОВ НА НАДЕЖНОСТЬ ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

С. А. Корнилович, В. Л. Соловьев

Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина (ОмГАУ), Россия, г. Омск.

Аннотация. В работе анализируется влияние неравномерной затяжки групповых резьбовых соединений при монтаже головок цилиндров на надежность ДВС. Поясняются последствия неравномерной затяжки групповых резьбовых соединений головок цилиндров. Выполнен анализ методов контроля силы затяжки резьбовых соединений. Представлены экспериментальные данные исследования равномерности затяжки группового резьбового соединения головки цилиндров ДВС. Указан способ обеспечения равномерности затяжки болтов головок цилиндров для повышения надежности ДВС.

Ключевые слова: головка цилиндров, сборка, момент затяжки, сила затяжки, резьбовое соединение.

Введение

Одним из наиболее важных и ответственных соединений в силовых агрегатах, таких, как двигатели внутреннего сгорания (ДВС), является соединение «головка блока цилиндров (ГБЦ) – блок двигателя». В истории двигателестроения к данному соединению всегда предъявлялись повышенные требования по обеспечению плотности стыка. Сложность данного соединения заключается в необходимости применения большого числа крепежных деталей, использования качественных жаростойких уплотнительных элементов, а также в систематическом совместном воздействии тепловых и механических нагрузок и т.д. От качества монтажа ГБЦ двигателя, которое, главным образом, определяется точностью и равномерностью затяжки силовых шпилек (болтов),

образующих групповое резьбовое соединение (ГРС), зависит его надежность при эксплуатации. Неточная (неравномерная) затяжка болтов ГБЦ приводит к многочисленным неисправностям при эксплуатации, в некоторых случаях вплоть до полной потери работоспособности машины [1]. Наиболее наблюдаемым результатом неточной затяжки болтов ГБЦ является локальная потеря плотности стыка и, как следствие, прогорание прокладки ГБЦ. Очевидно, что решение данной проблемы заключается в обеспечении точной и равномерной затяжки ГРС для создания достаточных и равномерных контактных давлений на прокладку со стороны ГБЦ.

Наряду с этим нужно понимать, что обеспечение равномерной затяжки ГРС при монтаже ГБЦ необходимо не только для создания гарантированной плотности стыка,