

Транспорт

УДК 621.879.064

DOI: 10.30987/1999-8775-2019-2019-11-38-45

Г.Г. Бурый, В.С. Щербаков, И.К. Потеряев

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА ЧЕРЕЗ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФОРМЫ КОВША

Предложена усовершенствованная конструкция ковша, позволяющая без изменения характеристик гидропривода зачерпывать больший объем грунта. Представлена расчетная схема сил, действующих на модернизированный ковш. Выве-

дены зависимости для определения сил сопротивления резанию в новой конструкции ковша.

Ключевые слова: экскаватор, ковш, производительность, резание, грунт.

G.G. Bury, V.S. Shcherbakov, I.K. Poteryaev

SINGLE-BUCKET EXCAVATOR CAPACITY INCREASE THROUGH BUCKET SHAPE IMPROVEMENT

The purpose of the work is to increase a capacity of a single-bucket excavator at the expense of bucket shape improvement. The improved bucket design offered will allow scooping a large soil volume without hydraulic drive characteristics changing. The effect mentioned is achieved at the expense of a cylindrical shape of a bucket rear wall. There is presented a design diagram of forces affecting an improved bucket. The computations of the improved bucket of the excavator based on tractor UMZ-6AKL allowed drawing an outline for the supposed design and obtaining dependences

of a resistance moment on the bucket during scooping upon the angle of a bucket turn.

The dependences of the resistance moment for the buckets with the volume of 0.25; 0.35; 0.45; 0.55; 0.65 m³.

The improved design of the bucket will allow increasing the volume of soil scooped. In such a way, the increase of the capacity of single-bucket hydraulic excavators without hydro-drive characteristics changes is achieved.

Key words: excavator, bucket, capacity, cutting, soil.

Введение

Одноковшовый экскаватор является одним из ключевых видов дорожно-строительной техники, которая применяется при строительстве различных инженерных сооружений [1-3]. Эффективность применения этих машин значительно влияет на темпы строительства и экономические показатели строительных проектов.

Традиционно при оценке производительности одноковшовых экскаваторов

рассматривается объем зачерпываемого грунта, однако этот параметр напрямую зависит от характеристик используемого оборудования и имеет свои ограничения [4; 5]. В данной статье в качестве способа увеличения производительности предлагается внесение изменений в конструкцию рабочего оборудования одноковшового экскаватора.

Усовершенствование конструкции ковша

Производительность одноковшового гидравлического экскаватора определяется по зависимости [1; 6]

$$\Pi = \frac{3600Vk_{\text{н}}}{T_{\text{ц.э.}} k_{\text{р}}} T_{\text{см}} k_{\text{в}}, \quad (1)$$

где V – объем ковша, м³; $k_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий наполнение ковша; $T_{\text{ц.э.}}$ – продолжительность рабочего цикла экскаватора, ч; $k_{\text{р}}$ – коэффициент, учитываю-

щий разрыхление грунта; $T_{\text{см}}$ – длительность смены, ч; $k_{\text{в}}$ – коэффициент, учитывающий эксплуатацию экскаватора по времени в течение смены.

По итогам анализа зависимости (1) видим, что производительность увеличивается с увеличением объема ковша при высоком коэффициенте наполнения ковша и низком разрыхлении грунта. Такие факторы, как длительность смены, продолжи-

тельность рабочего цикла и коэффициент, учитывающий эксплуатацию экскаватора в течение смены, прием неизменными.

Изменение самой конструкции ковша при сохранении характеристик привода может привести непосредственно к увеличению объема ковша. В данном случае этого можно добиться путем изменения формы элементов, а также их количества. На базе ФГБОУ ВО «СибАДИ» была разработана усовершенствованная форма

ковша (рис. 1), позволяющая решить обозначенную проблему [7; 8].

Эффект в данной конструкции достигается за счет цилиндрической формы задней стенки ковша, поворачивающейся вокруг оси поворота. Для доказательства эффективности предложенной конструкции проведен анализ сил и моментов сил, действующих на ковш в процессе копания.

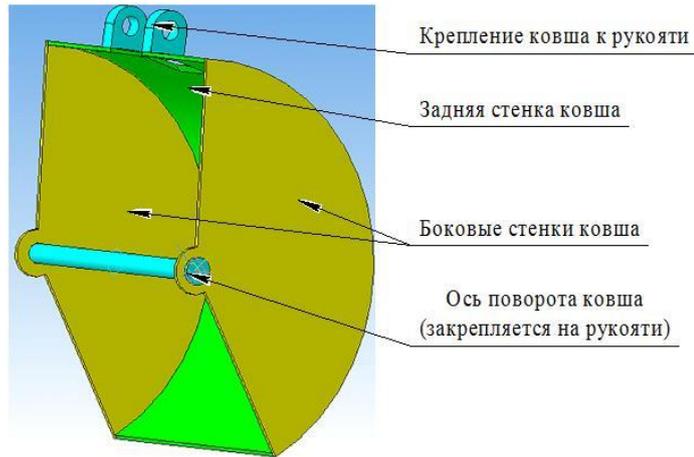


Рис. 1. Усовершенствованный ковш в 3D

Расчетная схема сил, действующих в процессе копания на модернизированный ковш, представлена на рис. 2. При ее составлении были приняты следующие допущения: 1) рассматривается статический

режим без учета динамических изменений грунта в ковше; 2) силы и моменты сил сосредоточены; 3) параметры грунта зафиксированы.

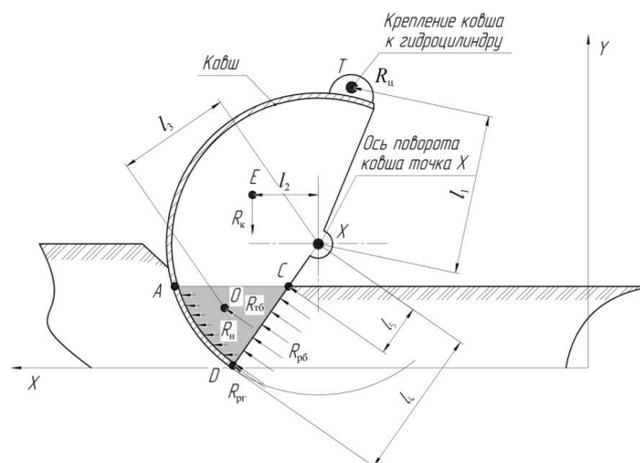


Рис. 2. Расчетная схема сил, действующих на модернизированный ковш

На схеме (рис. 2) представлены следующие обозначения: $R_{ц}$ – сила гидроцилиндра, Н; R_k – сила тяжести ковша, Н; $R_{рг}$ – сила сопротивления резанию на горизонтальной части периметра, Н; R_n – сила со-

противления наполнению ковша, Н; $R_{рб}$ – сила сопротивления резанию на боковых стенках периметра, Н [9]; $R_{тр}$ – сила сопротивления трению на боковых ножах, Н; l_1 – расстояние от оси поворота ковша до точ-

ки T , м; l_2 – расстояние от оси поворота ковша до его центра тяжести в точке E , м; l_3 – расстояние от оси поворота ковша до точки O (центра тяжести призмы грунта), м; l_4 – расстояние от оси поворота ковша до самой удаленной точки D режущего периметра, м; l_5 – расстояние от оси поворота ковша до самой ближайшей точки C режущего периметра, м.

Силы трения грунта с ковшом учитываются в силах $R_{рг}$, $R_{рб}$, R_n , $R_{тб}$. Проведен расчет моментов сил, оказывающих воздействие на ковш в процессе копания.

Момент силы сопротивления резанию определен по зависимости

$$M_p = R_n l_4 + R_{рг} l_4 + R_{рб} \frac{l_4 + l_5}{2} + R_{тб} l_3,$$

где R_n – сила сопротивления на ноже, Н; $R_{рг}$ – сила сопротивления резанию на горизонтальной части, Н; $R_{рб}$ – сила сопротивления резанию на боковых стенках периметра, Н; $R_{тб}$ – сила сопротивления трению на боковых ножах, Н [4].

Так как воздействие силы $R_{рб}$ осуществляется по всей длине CD контакта грунта с ковшом, плечо силы рассчитано как среднее арифметическое расстояний l_5

и l_4 от оси поворота ковша до самой близкой к ней точки контакта и самой удаленной соответственно.

Момент силы гидроцилиндра определен по зависимости

$$M_{ц} = R_{ц} l_1.$$

Момент силы тяжести ковша определен по зависимости

$$M_k = R_k l_2.$$

Общий момент силы, создаваемый оборудованием, определен по зависимости

$$M_{об} = M_{ц} + M_k.$$

Если при определении сил сопротивления резанию и наполнению учитываются силы трения, то для реализации процесса копания необходимо соблюдение условия

$$M_{об} > M_p,$$

где $M_{об}$ – суммарный момент, создаваемый оборудованием, Н·м; M_p – момент сопротивлений в процессе копания, Н·м.

Для определения сил R_p , R_n примем ряд зависимостей из исследования профессора В.И. Баловнева [11]. В сечении ковш представляет собой прямоугольный периметр (рис. 3).

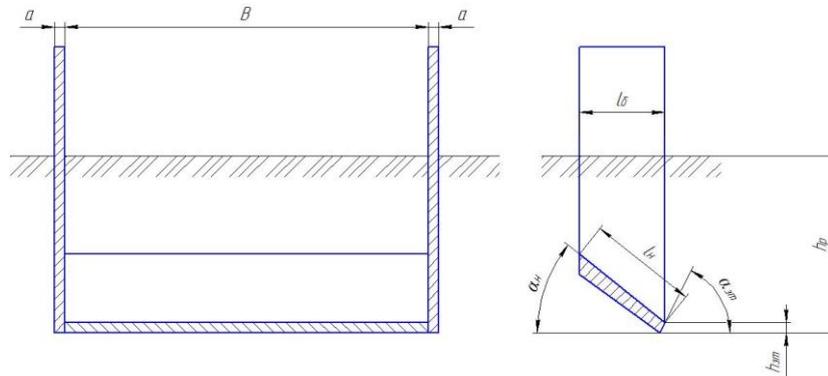


Рис. 3. Схема резания

Суммарная сила резания

$$R_p = R_n + R_{рг} + R_{рб} + R_{тб},$$

где R_n – сила сопротивления резанию на ноже, Н; $R_{рг}$ – сила сопротивления на горизонтальной кромке периметра, Н; $R_{рб}$ – си-

ла сопротивления на передней поверхности вертикальных кромок периметра, Н; $R_{тб}$ – сила сопротивления трению на боковых ножах, Н.

$$R_n = (1 + \operatorname{ctg} \alpha_n \operatorname{tg} \delta) A_1 B l_n \sin \alpha_n g \left[\frac{\rho l_n \sin \alpha_n}{2} + c_{\omega} \operatorname{ctg} \phi \left(1 - \frac{1}{A_1} \right) + \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \rho (h_p - l_n \sin \alpha_n) \right];$$

$$R_{pr} = (1 + \operatorname{ctg}\alpha_{3T} \operatorname{tg}\delta) A_2 B h_{3T} g \left[\frac{\rho h_{3T}}{2} + c_{\omega} \operatorname{ctg}\phi \left(1 - \frac{1}{A_2} \right) + \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} \rho h_p \right];$$

$$R_{p6} = 2A_3 a h_p g \left[\frac{\rho h_p}{2} + c_{\omega} \operatorname{ctg}\phi \left(1 - \frac{1}{A_3} \right) + \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} \rho (h_p - l_H \sin\alpha_H) \right];$$

$$R_{T6} = 4\operatorname{tg}\delta A_4 l_6 h_p g \left[\frac{\rho h_p}{2} + c_{\omega} \operatorname{ctg}\phi \left(1 - \frac{1}{A_4} \right) + \frac{1 + \sin\phi}{1 - \sin\phi} \rho (h_p - l_H \sin\alpha_H) \right];$$

$$A_1 = \frac{1 - \sin\phi \cos 2\alpha_H}{1 - \sin\phi};$$

$$A_2 = \frac{\cos\delta \left(\cos\delta + \sqrt{\sin^2\phi - \sin^2\delta} \right)}{1 - \sin\phi} 2,718^{\left(\pi - 2\alpha_{3T} + \delta + \arcsin \frac{\sin\delta}{\sin\phi} \right) \operatorname{tg}\phi};$$

$$A_3 = \frac{\cos\delta \left(\cos\delta + \sqrt{\sin^2\phi - \sin^2\delta} \right)}{1 - \sin\phi} 2,718^{\left(\delta + \arcsin \frac{\sin\delta}{\sin\phi} \right) \operatorname{tg}\phi};$$

$$A_4 = \frac{\sin\delta \left(\cos\delta + \sqrt{\sin^2\phi - \sin^2\delta} \right)}{1 - \sin\phi} 2,718^{\left(\delta + \arcsin \frac{\sin\delta}{\sin\phi} \right) \operatorname{tg}\phi},$$

где a – толщина боковой стенки ковша, м; h_p – толщина резания ($h_p = l_4 - l_5$), м; ρ – плотность грунта, кг/м³; ϕ – угол внутреннего трения грунта (для грунта IV категории $\phi = 23^\circ$), град; δ – угол трения грунта о сталь (для грунта IV категории $\delta = 22^\circ$), град; c_{ω} – коэффициент сцепления грунта (для грунта IV категории $c_{\omega} \approx 6116$ кг/м² [10; 11]); l_6 – ширина призмы грунта в ковше, м; α_{3T} – угол закругления, град; B –

ширина горизонтальной кромки периметра, м; h_{3T} – высота закругленной части, м; α_H – угол наклона ножа к траектории движения ковша, град; l_H – длина ножа, м; g – ускорение свободного падения, м/с².

В качестве примера расчет по модернизации ковша проведен для экскаватора с емкостью ковша 0,25 м³ на базе трактора ЮМЗ-6АКЛ (рис. 4).



Рис. 4. Экскаватор с емкостью ковша 0,25 м³ на базе трактора ЮМЗ-6АКЛ

На основании проведенных замеров рабочего оборудования экскаватора разработан эскиз предлагаемой конструкции ковша объемом $0,25 \text{ м}^3$ (рис. 5) для экска-

ватора ЮМЗ-6АКЛ. Угол поворота β ковша (рис. 4) равен 0° , поворот ковша осуществляется против часовой стрелки.

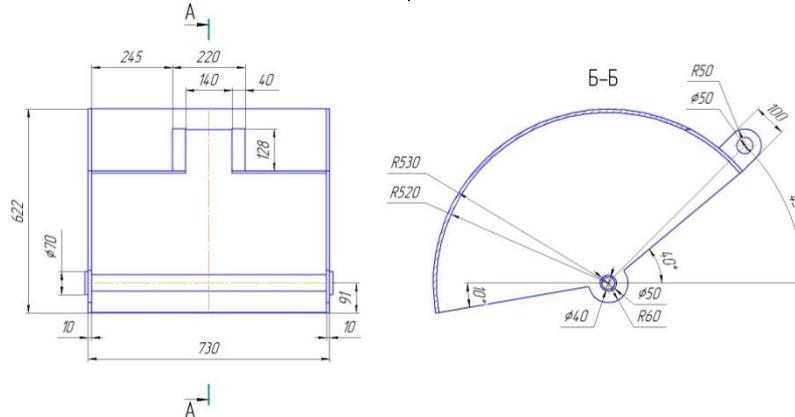


Рис. 5. Эскиз ковша предлагаемой конструкции объемом $0,25 \text{ м}^3$, устанавливаемого на экскаватор ЮМЗ-6АКЛ

При расчете приняты следующие допущения: 1) при расчете производительности экскаватора с ковшом предлагаемой конструкции по зависимости (1) все параметры, по сравнению с прототипом, остаются неизменными, кроме объема ковша; 2) расчет проводится для грунта IV категории; 3) вырезаемая ковшом призма грунта сохраняет форму, так как коэффициент разрыхления грунта стремится к 0; 4) при расчете не учитывается сила тяжести рукояти, так как процесс копания поворотом ковша менее энергозатратный; 5) осуществляется копание горизонтальной поверхности грунта.

По итогам обследования конструкции ковша были сделаны следующие выводы. Угол α_n (угол наклона ножа к траектории перемещения ковша) в предлагаемой конструкции ковша совпадает с траекторией его перемещения, следовательно, $\alpha_n=0$. Отсутствие заострения края стенки с целью образования ножа обусловлено большими контактными давлениями при взаимодействии с материалом, что приводит к быстрому износу горизонтальной режущей части. Угол затупления α_{zt} принят равным 90° [12-14].

С учетом изложенного получены следующие формулы:

$$R_n = \text{tg} \delta B l_n g \left[\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \rho h_p \right];$$

$$R_{pr} = A_2 B h_{gr} g \left[\frac{\rho h_{gr}}{2} + c_w \text{ctg} \phi \left(1 - \frac{1}{A_2} \right) + \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \rho h_p \right];$$

$$R_{p\phi} = 2 A_3 a h_p g \left[\frac{\rho h_p}{2} + c_w \text{ctg} \phi \left(1 - \frac{1}{A_3} \right) + \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \rho h_p \right];$$

$$R_{r\phi} = 4 \text{tg} \delta A_4 l_6 h_p g \left[\frac{\rho h_p}{2} + c_w \text{ctg} \phi \left(1 - \frac{1}{A_4} \right) + \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \rho h_p \right];$$

$$A_2 = A_3 = \frac{\cos \delta \left(\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2 \delta} \right)}{1 - \sin \phi} 2,718 \left(\delta + \arcsin \frac{\sin \delta}{\sin \phi} \right) \text{tg} \phi;$$

$$A_4 = \frac{\sin \delta \left(\cos \delta + \sqrt{\sin^2 \phi - \sin^2 \delta} \right)}{1 - \sin \phi} 2,718 \left(\delta + \arcsin \frac{\sin \delta}{\sin \phi} \right) \text{tg} \phi.$$

Для определения возможного увеличения объема ковша построены зависимости суммарного момента, создаваемого рабочим оборудованием, и суммарного момента сил сопротивления копания от угла поворота ковша. Зависимости построены для ковшей объемом 0,25; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65 м³. Изменение объема осуществлялось путем изменения ширины B ковша. Для нахождения h_p , l_2 , l_5 , l_3 , R_k в программном продукте Компас-3D спроектирована предлагаемая конструкция ковша. Для нахождения силы $R_{ц}$ использованы размеры гидроцилиндра экскаватора. Сила, создаваемая гидроцилиндром, составляет $R_{ц}=80,38$ кН. Для проведения расчетов и построения зависимостей использовался программный продукт Microsoft Excel.

Фиксированные исходные данные:

- $R_{ц}=80380$ Н; $l_1=0,588$ м; $l_2=0,211$ м;
- $l_4=0,53$; $\sin\varphi=0,39$; $h_{зт}=0,01$ м;
- $\rho=2500$ кг/м³; $c_0=6116$ кг/м²; $\operatorname{ctg}\varphi=2,36$;
- $\sin\delta=0,375$; $\cos\delta=0,927$;
- $\operatorname{tg}\delta=0,404531$; $\delta=0,38$ рад; $a=0,01$ м;
- $\operatorname{tg}\varphi=0,42$;
- при угле поворота $\beta=30^\circ$: $h_p=0,37$ м; $l_6=0,249$ м; $l_n=0,27$ м; $l_3=0,394$ м; $l_5=0,159$ м;
- при угле поворота $\beta=60^\circ$: $h_p=0,421$ м; $l_6=0,444$ м; $l_n=0,542$ м; $l_3=0,363$ м; $l_5=0,109$ м;

– при угле поворота $\beta=90^\circ$: $h_p=0,426$ м; $l_6=0,52$ м; $l_n=0,814$ м; $l_3=0,337$ м; $l_5=0,104$ м;

– при угле поворота $\beta=120^\circ$: $h_p=0,396$ м; $l_6=0,52$ м; $l_n=1,086$ м; $l_3=0,31$ м; $l_5=0,133$ м;

– при угле поворота $\beta=150^\circ$: $h_p=0,23$ м; $l_6=0,52$ м; $l_n=1,358$ м; $l_3=0,28$ м; $l_5=0,3$ м.

Варьируемые параметры:

– для ковша объемом 0,25 м³: $R_k=1471$ Н; $B=0,71$ м;

– для ковша объемом 0,35 м³: $R_k=1829$ Н; $B=0,1$ м;

– для ковша объемом 0,45 м³: $R_k=2166$ Н; $B=1,28$ м;

– для ковша объемом 0,55 м³: $R_k=2454$ Н; $B=1,57$ м;

– для ковша объемом 0,65 м³: $R_k=2861$ Н; $B=1,86$ м.

Момент сил, создаваемый рабочим оборудованием, составляет более 47 кН·м, в зависимости от объема ковша имеет следующие значения: 1) при $V_k=0,25$ м³ $M_{об}=47,573$ кН·м; 2) при $V_k=0,35$ м³ $M_{об}=47,649$ кН·м; 3) при $V_k=0,45$ м³ $M_{об}=47,72$ кН·м; 4) при $V_k=0,55$ м³ $M_{об}=47,781$ кН·м; 5) при $V_k=0,65$ м³ $M_{об}=47,867$ кН·м.

На рис. 6 представлены зависимости момента силы M_p от угла поворота ковша при различных объемах ковша V_k .

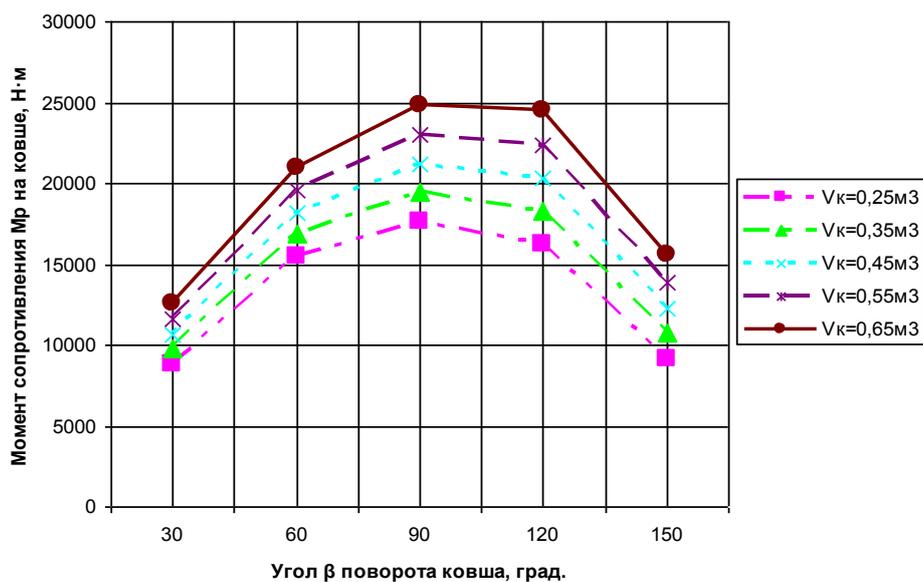


Рис. 6. Зависимости момента сопротивления M_p на ковше в процессе копания от угла поворота ковша β

Заключение

Таким образом, установлено, что увеличить объем зачерпываемого грунта действительно возможно через усовершенствование конструкции ковша. Объем при этом увеличивается без изменения характеристик гидропривода. Тем самым достигается и рост производительности одноковшовых гидравлических экскаваторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пермяков, В.Б. Технологические машины и комплексы в дорожном строительстве (производственная и техническая эксплуатация) / В.Б. Пермяков, С.В. Мельник, В.И. Иванов [и др.]; под ред. В.Б. Пермякова. - М.: БАСТЕТ, 2014. - 752 с.
2. Бурый, Г.Г. Грейфер сферический / Г.Г. Бурый, И.К. Потеряев // Мир транспорта и технологических машин. - 2017. - № 2. - С. 47-50.
3. Plonecki, L. A concept of digital control system to assist the operator of hydraulic excavators / L. Plonecki, W. Trampczynski, J. Cendrowicz // Automation in construction. - 1998. - № 5. - P. 401-411.
4. Зеленин, А.Н. Машины для земляных работ / А.Н. Зеленин, В.И. Баловнев, И.П. Керов. - М.: Машиностроение, 1975. - 424 с.
5. Landberg, L. Excavators combine compactness and power / L. Landberg // Construction equipment. - 2003. - № 8. - P. 58-59.
6. Павлов, В.П. Рекомендации по выбору параметров экскаваторных ковшей / В.П. Павлов, А.Н. Абрамов // Транспортное строительство. - 1984. - № 7. - С. 35-36.
7. Пат. 2656286 Российская Федерация, МПК E02F 3/28. Ковш экскаватора сферический / Бурый Г.Г.; заявитель и патентообладатель Бурый Г.Г.
8. Заявка 2018114378/20(022485) Российская Федерация, МПК E02F 3/40. Способ копания одноковшовым гидравлическим экскаватором и одноковшовый гидравлический экскаватор / Бу-

Что касается влияния на долговечность и надежность конструкции рабочего оборудования, то предлагаемая конструкция менее нагружена, так как в ней возникают меньшие силы сопротивления копания, следовательно, на надежность и долговечность сварных соединений негативного влияния не будет.

- рый Г.Г., Щербаков В.С.; заявитель Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ).
9. Sinclair, R. Hydraulic Excavators: Quarrying & Mining Applications / R. Sinclair. - London: Sinclair Publishing, 2011. - 388 p.
10. Ветров, Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами / Ю.А. Ветров. - М.: Машиностроение, 1971. - 357 с.
11. Баловнев, В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В.И. Баловнев. - М.: Высш. шк., 1981. - 335 с.
12. Demishcan, V. Experimental researches of the process of enterworking of the operational parts of excavators with soil / V. Demishcan // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. - 2008. - № 43. - С. 115-118.
13. Тарасов, В.Н. Механика копания грунтов, основанная на теории предельных касательных напряжений / В.Н. Тарасов, М.В. Коваленко // Строительные и дорожные машины. - 2003. - № 7. - С. 38-43.
14. Кузнецова, В.Н. Обеспечение энергоэффективности разработки грунта за счет оптимизации углов позиционирования рабочего оборудования экскаватора / В.Н. Кузнецова, В.В. Савинкин // Строительные и дорожные машины. - 2015. - № 3. - С. 44-47.

1. Permyakov, V.B. *Processing Machinery and Complexes in Road-building (manufacturing and engineering operation)* / V.B. Permyakov, S.V. Melnik, V.I. Ivanov [et al.]; under the editorship of V.B. Permyakov. - M.: BASTET, 2014. - pp. 752.
2. Bury, G.G. Spherical dipper / G.G. Bury, I.K. Poteryaev // *World of Transport and Processing Machinery*. - 2017. - No.2. - pp. 47-50.
3. Plonecki, L. A concept of digital control system to assist the operator of hydraulic excavators / L. Plonecki, W. Trampczynski, J. Cendrowicz // *Automation in construction*. - 1998. - № 5. - P. 401-411.
4. Zelenin, A.N. *Machinery for Earthworks* / A.N. Zelenin, V.I. Balovnev, I.P. Kerov. - M.: Mechanical Engineering, 1975. - pp. 424.

5. Landberg, L. Excavators combine compactness and power / L. Landberg // *Construction equipment*. - 2003. - № 8. - P. 58-59.
6. Pavlov, V.P. Recommendations for bucket parameter choice / V.P. Pavlov, A.N. Abramov // *Transport Building*. - 1984. - No.7. - pp. 35-36.
7. Pat. 2656286 the Russian Federation, IPC E02F 3/28. Spherical Bucket / Bury G.G.; Bury G.G. - applicant and patent holder.
8. Application 2018114378/20(022485) the Russian Federation, IPC E02F 3/40. *Method for Scooping with Single-Bucket Hydraulic Excavator and Single-Bucket Excavator* / Bury G.G., Shcherbakov V.S.; applicant: Siberian State Auto-Road University (SibARI).

9. Sinclair, R. Hydraulic Excavators: Quarrying & Mining Applications / R. Sinclair. - London: Sinclair Publishing, 2011. - 388 p.
10. Vetrov, Yu.A. Soil Cutting with Diggers / Yu.A. Vetrov. – М.: Mechanical Engineering, 1971. – pp. 357.
11. Balovnev, V.I. Simulation of Processes of Interaction with Environment of Working Units of Road-Construction Machinery / V.I. Balovnev. – М.: Higher School, 1981. – pp. 335.
12. Demishcan, V. Experimental researches of the process of enterworking of the operational parts of excavators with soil / V. Demishcan // *Bulletin of Kharkov National Auto-road University*. 2008. – No.43. – pp. 115-118.
13. Tarasov, V.N. Digging mechanics based on theory of ultimate tangents of stresses / V.N. Tarasov, M.V. Kovalenko // *Construction and Road Machinery*. – 2003. – No.7. – pp. 38-43.
14. Kuznetsova, V.N. Support of Energo-effectiveness of soil working due to optimization of positioning angles of excavator working equipment / V.N. Kuznetsova, V.V. Savinkin // *Construction and Road Machinery*. – 2015. – No.3. – pp. 44-47.

Ссылка для цитирования:

Бурый, Г.Г. Увеличение производительности одноковшового экскаватора через усовершенствование формы ковша / Г.Г. Бурый, В.С. Щербаков, И.К. Потеряев // *Вестник Брянского государственного технического университета*. – 2019. – № 11. – С. 38–45. – DOI: 10.30987/1999-8775-2019-2019-11-38-45.

Статья поступила в редакцию 07.10.19.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета,
член редсовета журнала «Вестник БГТУ»
Кобищанов В.В.

Статья принята к публикации 14. 10. 19.

Сведения об авторах:

Бурый Григорий Геннадьевич, к.т.н., доцент кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ), Тел.: 8-913-621-92-33, e-mail: buryu1989@bk.ru.

Щербаков Виталий Сергеевич, д.т.н., профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета

(СибАДИ), Тел.: 8-962-058-40-38, e-mail: sherbakov_vs@sibadi.org.

Потеряев Илья Константинович, к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ), Тел.: 8-923-68-68-077, e-mail: poteryaev_ik@mail.ru.

Bury Grigory Gennadievich, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. “Motor-cars, Structural Materials and Technologies”, Siberian State Auto-Road University (SibARI), e-mail: buryu1989@bk.ru.

Shcherbakov Vitaly Sergeevich, Dr. Sc. Tech., Prof. of the Dep. “Automation of Engineering Processes and Electrical Engineering”, Siberian State Auto-Road University (SibARI),

e-mail: sherbakov_vs@sibadi.org.

Poteryaev Ilya Constantinovich, Can. Sc. Tech., Assistant Prof. of the Dep. “Operation and Service of Transport-Engineering Machinery and Complexes in Building Construction”, Siberian State Auto-Road University (SibARI), e-mail: poteryaev_ik@mail.ru.