



М. ҚОЗЫБАЕВ АТЫНДАҒЫ
СОЛТУСТІК ҚАЗАҚСТАН МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ
СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М. КОЗЫБАЕВА

M. KOZYBAYEV
NORTH KAZAKHSTAN STATE UNIVERSITY



Индекс 74935

ХАБАРШЫ

ТЕХНИКАЛЫҚ СЕРИЯСЫ

ВЕСТНИК

СЕРИЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ

BULLETIN

TECHNICAL SERIES



№ 4 (33)

Петропавл, 2016

**М.ҚОЗЫБАЕВ АТЫНДАҒЫ
СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ
СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.КОЗЫБАЕВА**

**М.KOZYBAYEV
NORTH KAZAKHSTAN STATE UNIVERSITY**

ХАБАРШЫ

Техникалық сериясы

ВЕСТНИК

Серия техническая

BULLETIN

Technical series

№ 4 (33)

**Петропавл
2016**

**М.Қозыбаев атындағы
Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің хабаршысы**

**Вестник Северо-Казахстанского государственного
университета им. М.Козыбаева**

Bulletin of M.Kozybayev North-Kazakhstan State University

**Басылымы IV (XXXIII)
Выпуск IV (XXXIII)
Volume IV (XXXIII)**

**Жылына 4 рет басылып шығарылады
Выходит 4 раза в год
Published 4 times a year**

Редакционная коллегия серии:

Омирбаев С.М., ректор, д.э.н., профессор - главный редактор.

Ивель В.П., д.т.н., профессор - заместитель гл. редактора.

Члены коллегии:

Демьяненко А.В. - к.т.н.;

Косых А.В. - д.т.н., профессор (Россия);

Попов А.Ю. - д.т.н., профессор (Россия);

Машеков С.А. - д.т.н., профессор (Казахстан, КазННТУ им.К.И.Сәгпаева);

Кошеков К.Т. - д.т.н., доцент;

Савинкин В.В. - к.т.н.;

Dr.-Ing. Arnold Sterenharz, Managing Director, ECM space technologies GmbH, Berlin (Германия);

Кузнецова В.Н. - д.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (Россия, г.Омск).

М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің хабаршысы / Вестник Северо-Казахстанского государственного университета им. М.Козыбаева / Bulletin of M.Kozybayev North Kazakhstan State University. Выпуск №4(33). - Петропавловск: СКГУ им. М.Козыбаева, 2016. – 162 с.

© Северо-Казахстанский государственный университет
им. М.Козыбаева, 2016, г. Петропавловск

Имамбаева Р.С. (доцент, к.т.н., ЕНУ им. Л.Гумилева, г. Астана), Имамбаев Н.С. (старший преподаватель, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Методы и технологии выбора конструктивных решений гражданских зданий....	65
Иманбаева А.К. (магистрант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Кошеков К.Т. (профессор, д.т.н., Северо-Казахстанский государственный университет им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Интернет вещей (ИОТ): Обзор и архитектура.....	71
Кашевкин А.А. (докторант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Кошеков К.Т. (профессор, д.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Позиционирование датчиков в беспроводной сенсорной сети.....	74
Қазкенов А.Б. (студенттер, М.Қозыбаев атындағы СҚМУ, қ. Петропавл) Газ-3307 жүк автокөлігін ауыл жағдайына тиімді етуіп жасау.....	77
Курмашев И.Г. (декан ФИТ, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Метод спектрального анализа «Две цели пяти импульсов».....	79
Латыпов С.И. (докторант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Зыкова Н.В. (старший преподаватель, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Доработка автомобильной системы отопления.....	84
Латыпов С.И. (докторант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Калантаевская Н.И. (докторант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Исследование акустических свойств проводников, подвергаемых образованию наледи.....	87
Максименко Е.В. (преподаватель, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Гриппе Р.А. (студент, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Повышение компетенции программирования микроконтроллеров при использовании отладочной платы ARDUINO NANO.....	90
Мошкин Д.С. (магистрант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Емелин Р.Е. (студент, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Поляков В.В. (профессор, д.х.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Технология получения лекарственных фито пленок на основе экстракта пиволги вязолистной.....	94
Петров П.А. (докторант, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Коммуникация отладочной платы ARDUINO MEGA 2560 с программным обеспечением MATLAB.....	98
Полищук Н.Ю. (старший преподаватель, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Реализация ландшафтно-планировочных принципов пассивного здания в курсовом проектировании.....	104
Савинкин В.В. (доцент, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Карамгужинова А.Е. (преподаватель, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Исследование основных параметров одноковшового экскаватора.....	107
Савинкин В.В. (доцент, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск), Ратушная Т.Ю. (докторант PhD, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск) Математическое описание основных факторов, повышения газо-динамической нагрузки турбины ТЭЦ.....	114
¹ Савенкова И.В., ² Морозова А., ² Лысенко И. (¹ кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ² студентки 4 курса специальности 5В080700 Лесные ресурсы и лесоводство, СКГУ им. М.Козыбаева) Эффективность технических характеристик гард при защите леса от вредителей в условиях лесостепной зоны Северного Казахстана.....	118

М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университетінің хабаршысы

Меншік иесі: ҚР Білім және ғылым министрлігінің «Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті» ШЖҚ РМК. №13405-Ж есепке алу туралы кәуәлігін 2013 жылдың 25 ақпанында ҚР Мәдениет және ақпарат министрлігі берген.

Басылуға 11.11.2016 ж. қол қойылды. Пішімі 60×90 1/8. Times гарнитурасы.

Кілемі 20,25 б.т. Таралымы 60 дана. Кітап-журнал қағазы. Тапсырыс №221.

М.Қозыбаев атындағы СҚМУ баспаханасында басылды. 150000, Петропавл қ., Пушкин к., 86.

Вестник Северо-Казакштанского государственного университета им. М.Козыбаева

Собственник: РГП на ПХВ «Северо-Казакштанский государственный университет имени Манаша Козыбаева» МОН РК. Свидетельство о постановке на учет №13405-Ж от 25 февраля 2013 г. выдано Министерством культуры и информации РК.

Подписано в печать 11.11.2016 г. Формат 60×90 1/8. Гарнитура Times.

Объём 20,25 усл.печ.л. Тираж 60 экз. Бумага книжно-журнальная. Заказ №221.

Отпечатано в СКГУ им. М. Козыбаева. 150000, г. Петропавловск, ул. Пушкина, 86.

Bulletin of M.Kozybayev North Kazakhstan State University

Owned by Republican State Enterprise «M.Kozybayev North Kazakhstan State University». Certificate no.13405-Ж issued by Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan on 25 February, 2013.

Signed for publishing on 11/11/2016. Size: 60x90 1/8. Font type: Times. Volume: 20.25 conventional lists. Number of copies: 60. Order no. 221. Printed on office paper by M. Kozybayev NKSU Press, 86, Pushkin street, Petropavlovsk, Kazakhstan, 150000.

Суть пассивного здания заключается в экономии уже 80% энергии на эксплуатационных расходах только с помощью соответствующего архитектурного проектирования.

Преимуществами пассивного здания для окружающей среды является значительное сокращение выбросов парниковых газов, мусора и загрязненных вод, расширение и защита естественной среды, мусора и загрязненных вод, расширение и защита естественной среды обитания и биологического разнообразия, сохранение природных ресурсов [2].

Преимуществами здоровья и отдыха является создание более комфортных условий в помещениях по качеству воздуха, а также тепловым и акустическим характеристикам, снижение уровня загрязнений, попадающих в воду, почву и воздух, и как следствие, сокращение нагрузки на городскую инфраструктуру.

Большинство пассивных зданий дороже обычных не более чем на 4%, а в ближайшем будущем применение зеленых технологий станет самым эффективным для снижения себестоимости строительства. В начальный момент дополнительная себестоимость может быть амортизирована в ходе эксплуатации здания, и обычно компенсируется в течение первых 3-х или 5-ти лет за счет снижения эксплуатационных издержек.

Литература:

1. Вольфганг Файст. «Основные положения по проектированию пассивных домов». Перевод с немецкого под редакцией А.Е. Елохова. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008г.
2. Сборник материалов 11-й конференции «Технологии проектирования и строительства энергоэффективных зданий Passive House». Москва. 2-3 апреля 2014г. Строительная и интерьерная выставка «Mosbuild 2014».
3. СНиП РК 3.02-08-2010 «Лечебно-профилактические учреждения». Нормы проектирования
4. СНиП РК 3.01-01-2002* «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». Нормы проектирования
5. СНиП РК 3.02-02-2001 «Общественные здания и сооружения». Нормы проектирования

УДК 621.879

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА

Савинкин В.В.

(доцент, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск)

Карамгужинова А.Е.

(преподаватель, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск)

Аннотация

Бұл мақалада экскаватордың негізгі параметрлерінің технологиялық параметрлерден тәуелділігі зерттелген. Шөміштің өлшем қатарларына тиімді жұмыс өнімділігінің кестесі құрастырылған.

Аннотация

В данной статье исследованы зависимости основных параметров экскаватора от технологических характеристик. Разработана таблица значений эффективной производительности от размерного ряда ковшей.

Abstract

In this article dependences of basic parameters of power-shovel are investigational on technological descriptions. The table of values of the effective productivity is worked out from the size row of scoops.

Развитие дорожной отрасли - одна из важных составляющих экономики Казахстана, в значительной степени зависит от эффективно функционирующей системы эксплуатации и ремонта, обеспечивающей поддержание средств механизации на высоком уровне работоспособности в течение всего срока их эксплуатации.

Большой объем строительных работ в Казахстане производится в тяжелых климатических и грунтовых условиях. Среди различных видов строительных работ значительный объем приходится на разработку грунтов.

Широкое применение находят такие универсальные строительные машины, как самоходные краны и одноковшовые экскаваторы. Кроме того, эти машины, как правило, являются ведущими в комплексах машин при капитальном ремонте и строительстве дорог, промышленных и гражданских объектов и пр.

Необходимость эксплуатации машин в комплексе приводит к тому, что потеря работоспособности одной из машин приведет к нарушению всего технологического процесса. Кроме того, взаимодействие узлов и агрегатов машин формирует сложную конструктивно-технологическую систему, эффективность которой характеризуется несколькими показателями, например, КПД и энергоемкость.

В настоящее время гидрофицированные машины составляют 75-80% от общего количества строительно-дорожных машин (СДМ). Работа гидроприводов СДМ под нагрузкой составляет 85% от общего срока службы. Для СДМ велико число включений в единицу времени основных элементов (см. таблицу 1), оказывающих влияние на загрузку гидропривода и характер ее изменения.

Таблица 1. Доля работы гидроприводов СДМ под нагрузкой

Показатель	экскаваторы	бульдозеры	скреперы	погрузчики	краны
Энергоемкие операции	от 50% до 70%	от 58% до 69%	от 56% до 70%	от 46% до 50%	около 50%
Число включений	1250	1500	1200	900	1000

Таким образом, режимы работы исполнительных механизмов весьма напряженные [1]. Рабочее оборудование экскаваторов, приобретающее большие значения моментов инерции при циклическом движении, являются источником динамических нагрузок. Такты рабочего цикла экскаватора обеспечиваются высокой мощностью двигателя и повышенным расходом топлива. Процесс загрузки ковша характеризуется большими динамическими нагрузками и малым

КПД гидропривода. Неполная загрузка ковша приводит к снижению производительности и эффективности экскаватора. Повышенные нагрузки на технику ужесточают требования к ее надежности, долговечности с минимизацией затрат на эксплуатационные расходы.

В свою очередь, показателями эффективности работы экскаватора будут: производительность, КПД гидропривода, экономичность, минимальное время рабочего цикла (т.к. при исправном гидроприводе на поворот стрелы расходуется до 70% рабочего времени цикла экскаватора) и состояние гидропривода. В гидроприводах механическая энергия преобразуется в гидравлическую, в этой форме перемещается, управляется или регулируется, а затем снова преобразуется в механическую энергию (рисунок 1).

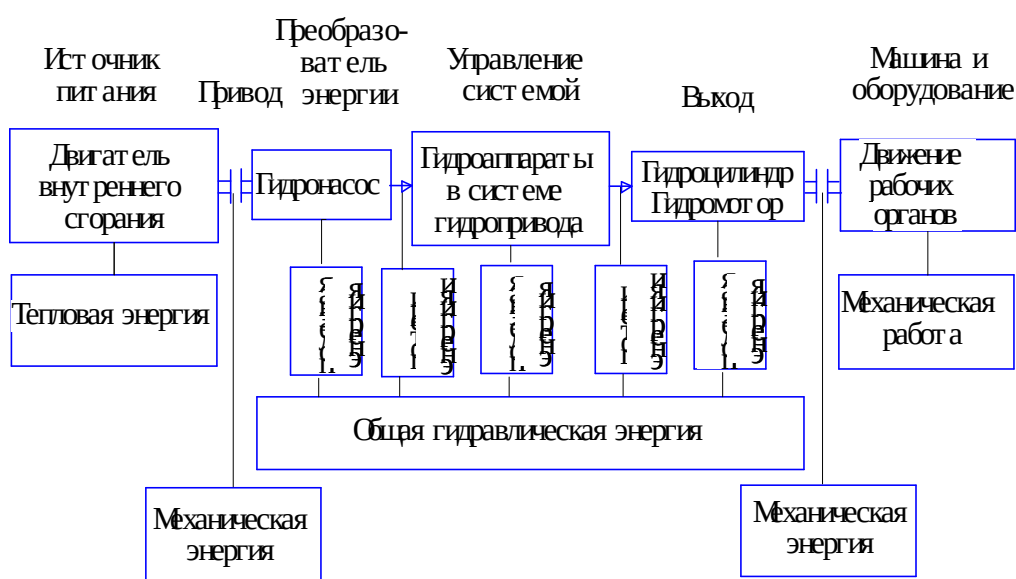


Рисунок 1. Передача энергии в гидроприводе.

К основным параметрам экскаваторов относятся мощность двигателя N_e (полная, полезная), давление рабочего контура гидропривода $P_{гп}$, грузоподъемность Q_z , максимально тяговое усилие трансмиссии R_T и эксплуатационная масса m_z . Приоритетной задачей проектирования является обоснование адекватных соотношений этих параметров с технологическими характеристиками. Для модельного ряда экскаваторов от PC35MR-3 до PC8000-6 получены значения удельных параметров. Установлены зависимости корреляции грузоподъемности Q_z от мощности гидропривода $N_{гп}$ и мощности двигателя N_e рисунок 2.

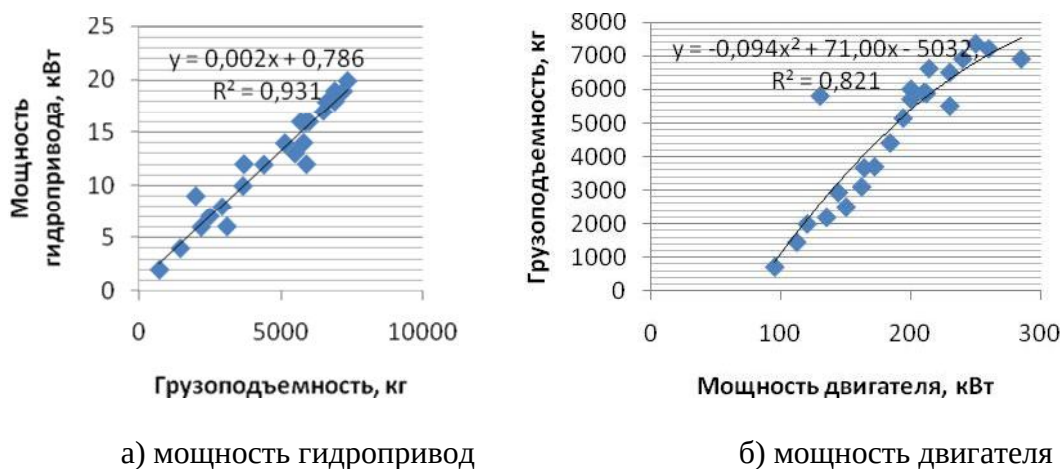


Рисунок 2. Зависимость грузоподъемности от мощностных характеристик.

Один из эксплуатационных показателей отражающий работу экскаватора - это его производительность, зависящая от множества факторов, которые предстоит исследовать. Ниже на рисунке 3 представлены зависимости производительности P_3 от объема ковша, от мощности гидропривода $N_{гп}$

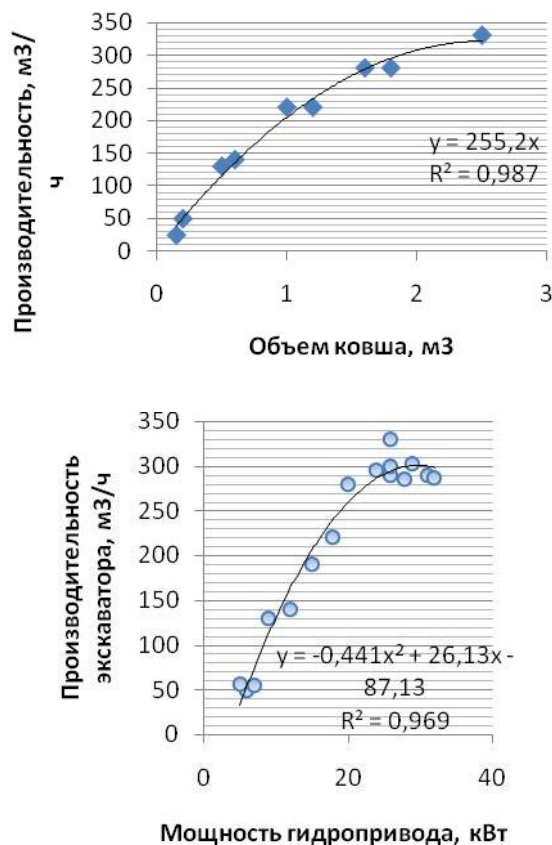


Рисунок 3. Зависимость производительности от технологических показателей.

Анализируя аппроксимированные зависимости, определена область эффективного использования мощности гидропривода $N_{гп}=19-21$ кВт и мощности двигателя $N_e=174-179$ кВт. Производительность -показатель комплексный,

величина которого отражает технологические характеристики экскаватора. Грузоподъемность, категория грунта и размерный ряд ковша определяют производительность. Зависимость производительности экскаватора Π_3 от номинального объема ковша V_R аппроксимирована выражением и представлена также на рисунке 3. Заметный рост производительности виден на отметке $\Pi_3 = 300-325 \text{ м}^3/\text{ч}$ при номинальном объеме ковша $V_R = 2,2-2,5 \text{ м}^3$ мощности гидропривода $N_{гг} = 19 \text{ кВт}$ и мощности двигателя $N_e = 174 \text{ кВт}$.

Обобщая результаты зависимостей, можно отметить, что найдены оптимальные соотношения параметров, обеспечивающих эффективную эксплуатацию экскаватора. Из графика рисунка 3б видно, что дальнейшее повышение мощности гидропривода не целесообразно, т.к. производительность снижается при тех же энергетических затратах. На основании исследования зависимостей предлагается ввести термин «эффективная производительность». Предполагается, что при выборе рациональных режимов работы экскаватора мы обеспечиваем производительность, соответствующую энергетическим затратам на единицу объема грунта.

Одним из критериев оценки эффективности экскаватора выступает усилие копания ковшем. Нагрузочная характеристика гидропривода выражает зависимость скорости движения выходного звена от нагрузки на нем. При оценке нагрузки выходного звена гидропривода необходимо определить перепад давлений на дросселе. Далее для построения силовой характеристики привода зададимся рядом значений R и из выражения определим $\Delta P_{др}$. Для этих значений $\Delta P_{др}$ найдем скорости перемещения поршня. Величину R следует изменять от нуля до максимального значения R_{max} при котором скорость перемещения поршня равна нулю. По данным вычислений строится график $v_{пг} = f(R)$ (рисунок 4).

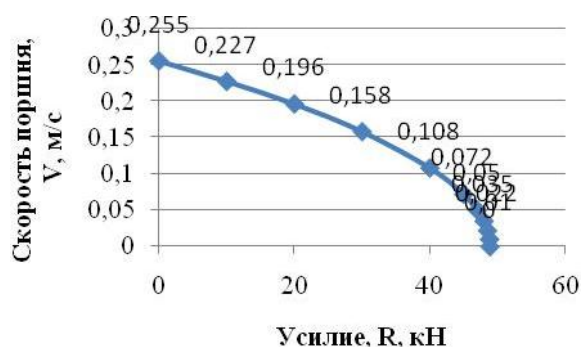


Рисунок 4. Нагрузочная характеристика.

Составляющие нагрузочной характеристики определяют режимы работы экскаватора и его производительность. Производительность, как эксплуатационный показатель, влияет на другие технологические характеристики: расходуемая мощность гидропривода $N_{гг}$ двигателя N_e и создаваемое усилие копания ковшем R_k . Сочетание перечисленных факторов отражают эффективную работу экскаватора, которая оценивается общим КПД гидропривода $\eta_{общ}$.

Рассмотрим зависимости основных показателей экскаватора: мощность гидропривода $N_{гг}$ и общий КПД гидропривода $\eta_{общ}$ от усилия копания ковшем. Из рисунка 5 видно, что сила копания ковшем возрастает до значений $R_k = 200-230 \text{ кН}$.

пропорционально мощности гидропривода $N_{гп} = 19-21 \text{ кВт}$. В реальных условиях эксплуатации дальнейшее увеличение мощности гидропривода не дает положительного эффекта из-за возрастающих сил гидравлического сопротивления и сопротивления при разработке грунта. Зависимость изменения КПД гидропривода $\eta_{гп}$ от усилия копания ковшом R_k более точно характеризует технологический цикл разработки грунта.

Изменение $\eta_{гп}$ от 0,85 до 0,6 (рисунка 5) описывает внедрение ковша в верхние слои грунта, значения $\eta_{гп}$ от 0,6 до 0,5 характеризует процесс резания и отрыва слоя грунта равного объема ковша при установившемся усилии копания $R_k = 170-210 \text{ кН}$.

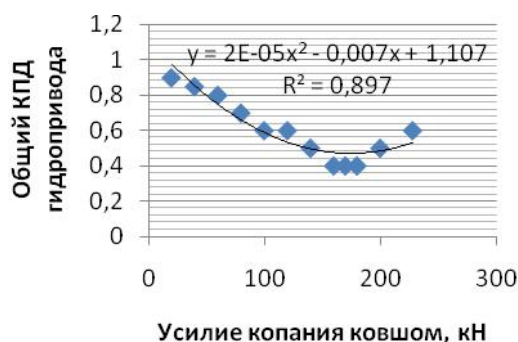
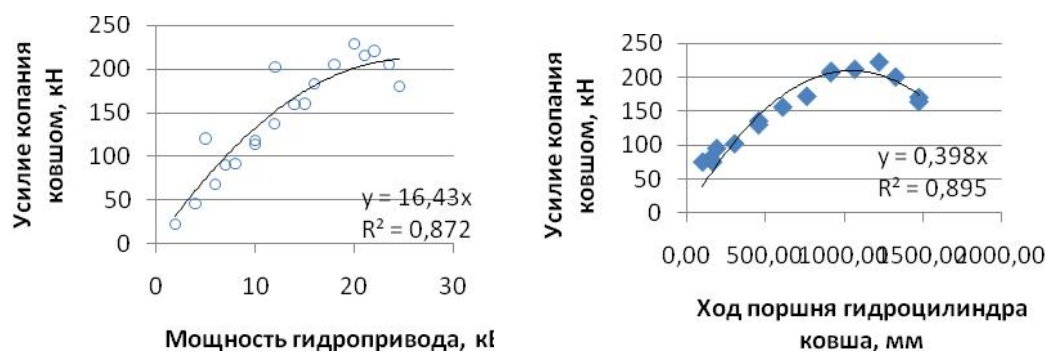


Рисунок 5. Зависимость КПД от усилия копания.

Повышение КПД $\eta_{гп}$ от 0,5 до 0,6 происходит за счет снижения значений сил сопротивления и описывает процесс выемки грунта, перемещение и выгрузку. Величина $\eta_{гп} = 0,55$ является действительной и сохраняется практически во всем технологическом цикле. Таким образом, подтверждается предположение о том, что самый энергоемкий такт цикла – это резание и отрыв грунта.

Результаты исследований подтверждают актуальность согласования технологических и эксплуатационных показателей экскаватора. Для обеспечения рабочих циклов экскаватора эффективной производительностью необходимо разработать таблицу рациональных сочетаний технологических эксплуатационных параметров и размерного ряда ковшей (Таблица 2).

Таблица 2. Соответствие эффективной производительности размерному ряду ковшей

Емкость ковша, m^3	Мощность двигателя, кВт	Мощность гидродвигателя, кВт	Усилие копания, кН	Длительность цикла работы, с	Производительность, $m^3/ч$		КПД гидродвигателя	Удельный расход топлива, г/кВт
					Расчетная	Эффективная		
0,2–0,5	25–66	4–6	45–68	10–18	50–130	38–100	0,8	209
0,6–0,8	72–97	8–12	91–137	12–14	140–170	110–147	0,7	212
1,0–1,2	125–142	16–18	182–205	20–16	220–230	190–215	0,5	211
1,4–1,6	148–171	20–23	228–260	21–25	230–280	225–260	0,6	212
1,8–2,0	184–204	26–29	293–326	15–20	290–320	280–311	0,5	287
2,4–3,0	210–260	34–43	391–488	35–38	332–420	320–396	0,6	404

–Общее назначение, плотность до $1,8 \text{ т/м}^3$
 –Общее назначение, плотность до $1,5 \text{ т/м}^3$
 –Работа в легком режиме, плотность до $1,2 \text{ т/м}^3$

Исследования показали, что величина энергоемкости разработки грунтов землеройными машинами зависит не только от физико-механических свойств грунта, но и от конструктивных особенностей гидропривода, применяемых для выполнения работ. Доминирующая величина суммарной потери энергии при силах сопротивления механизмов привода приходится на гидроцилиндры ковша и поворотную платформу СДМ в процессе резания и торможении при повороте. Поэтому энергоэффективность гидропривода, как комплексный показатель процесса разработки грунта, зависит не только от начальных параметров гидропривода, но и от изменения их в процессе технологических циклов.

Следовательно, важной инженерной задачей стоит использование потерь энергии за счет сил сопротивления. В этой связи, особую актуальность приобретают разработка и научное обоснование новых методик и технических решений, направленных на использование рекуператоров энергии в местах максимальных потерь и сопротивлений машин. Решение данной задачи позволит повысить энергоемкость и эффективность дорожных машин.

Выводы: использование 50-60% полезной мощности гидропривода в технологическом процессе свидетельствует о значительном резерве повышения потенциала экскаватора; с целью обеспечения эффективной производительности экскаватора разработана таблица рациональных сочетаний технологических параметров и размерного ряда ковшей; тенденция развития методов и средств управления гидрофицированными машинами обуславливает необходимость в совершенствовании теории и практики эксплуатации гидроприводов СДМ, в том числе, за счет применения методов рекуперации энергии гидравлической жидкости, что позволит более качественно использовать потенциал СДМ и повысить основные эксплуатационные показатели для заданного цикла работ.

Литература:

1. Дорожно-строительные машины и комплексы / под общ. Ред. Боловнева В.И.; Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. – 528 с.

2. Герасимов Ю.Ю., Сюнев В.С., Соколов А.П. Оптимизационный расчет параметров гидравлических механизмов привода манипулятора лесной машины. // Строительные и дорожные машины. – 2006. – №12. – Декабрь. – С. 26–32.

УДК 681.121.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ПОВЫШЕНИЯ ГАЗО-ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ТУРБИНЫ ТЭЦ

Савинкин В.В.

(доцент, к.т.н., СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск)

Ратушная Т.Ю.

(докторант PhD, СКГУ им. М.Козыбаева, г. Петропавловск)

Аннотация

Мақалада зерттеулердің нәтижелері ұсынылған технологиялық цикл турбина жұмысының мүмкіндік берген білдіруге негізгі тұжырымдамалық қағидалары арқылы әзірленген математикалық модель динамикалық процестерді турбина жылу электр станцияларының

Аннотация

В статье представлены результаты исследований технологического цикла работы турбины, которые позволили выразить основные концептуальные принципы через разработанную математическую модель динамических процессов турбины ТЭЦ

Abstract

Results of researches of a production cycle of operation of the turbine which have allowed to express the basic conceptual principles through the developed mathematical model of dynamic processes of the turbine of warmly electro station are presented in article

В силу известных преимуществ лопатки сложной геометрии являются наиболее распространенной и ответственной деталью применяемой в турбинах ГЭС и ТЭЦ, дислокация которых охватывает широкую географию России и Казахстана. Их надежность и совершенство в значительной степени определяют газодинамическое совершенство турбомшины и её долговечность. В процессе эксплуатации теплофикационных турбин, их лопатки подвержены высоким нагрузкам, вибрации, неравномерному циклическому нагреву, коррозии, эрозии и др. Одновременно в лопатках формируются такие механизмы разрушения, как ползучесть, усталость, малоцикловая усталость, термоусталость, существенно снижая надежность турбоагрегата в целом

Статические и динамические нагрузки, длительно воздействуя на лопатку, вызывают концентрацию и аккумуляцию в ней микроскопических повреждений, развитие и объединение которых приводит к появлению трещин и разрушению. В современном математическом описании работы турбины традиционно производят прочностной, силовой и термодинамические расчеты. Однако их результаты не всегда информативны и не содержат функциональных зависимостей учитывающие системные связи основных параметров, а также влияние динамических нагрузок турбины на энергоэффективность процесса отбора мощности и генерации энергии. Энергоэффективность и газодинамические