

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ГЕНЕРАТОРА СИНУСОИДАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Постнов А. А., Кадыров И.Ш.

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова;

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS SINUSOIDAL SIGNALS GENERATOR

Postnov A.A., Kadyrov I.Sh.

Kyrgyz State Technical University named after I.Razzakov.

В статье дается методика организации вычислительных процессов формирования синусоидальных сигналов на основе математического моделирования на Matlab трехфазного генератора, позволяющего регулировать частоту, амплитуду и фазу токов фаз статорных обмоток асинхронного двигателя при частотно-токовом управлении электроприводом по системе ПЧ – АД.

This article describe a method of computing processes to generate the sinusoidal signals for three-phase generator based on mathematical modeling on Matlab, allows to adjust the frequency, amplitude and phase of the stator windings currents of the induction motor with current-frequency control in FC-AE electric drive.

Введение. В [1] выдвинуто предложение, что структуру микропроцессорного генератора синусоидальных сигналов (ГСС) можно определить, воспользовавшись уравнениями, которые описывают процесс формирования управляющих сигналов в электроприводе по системе ПЧ-АД, в которой преобразователь частоты, обладая свойством источника тока, генерирует ток статора по закону $I_1 = const$:

$$\left. \begin{aligned} u_a &= U'_m \sin \omega t + U_c \cos \omega t, \\ u_b &= U'_m \sin(\omega t + 120^\circ) + U_c \cos(\omega t + 120^\circ); \\ u_c &= U'_m \sin(\omega t - 120^\circ) + U_c \cos(\omega t - 120^\circ). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

В уравнениях (1) входными параметрами являются переменные U'_m и ω , а выходными параметрами $u_a; u_b; u_c$. Алгоритм, заданный уравнениями (1) позволяет поддерживать постоянство потокосцепления обмоток статора и ротора асинхронного двигателя на заданном уровне, если напряжение задания на намагничивающий ток U_c на всех частотах регулирования оставлять неизменным, то есть $U_c = const$, а увеличение нагрузки на валу двигателя компенсировать, регулируя фазу φ между напряжением и токами статора.

Проверку по организации вычислительных процессов микроконтроллером в составе ГСС на основе математического описания (1) можно произвести ещё на начальной стадии проектирования микропроцессорной системы управления ПЧ, если проделать предварительные расчеты с использованием программного комплекса Matlab. Программный комплекс Matlab с интегрированной системой компьютерной математики в настоящее время широко используется при проектировании систем, подобных ПЧ – АД, причем для этих

целей она является мощным и универсальным средством, предназначенным для анализа и синтеза их динамических свойств.

Цели и методы. Динамические библиотеки Matlab, как специализированные прикладные программы, собираются в отдельные пакеты. Одним из таких пакетов является пакет Simulink, предназначенный для интерактивного моделирования нелинейных динамических систем, состоящих из стандартных блоков или блоков пользователя. Пакет программ «Matlab & Simulink» позволяет произвести формализацию исследуемых объектов в виде математической модели, которая используется в качестве инструмента для решения задач анализа реакций систем на различные управляющие и возмущающие воздействия и задач синтеза, связанных с поиском эффективной стратегии управления.

Simulink так же интегрируется с State Flow для моделирования поведения вызванного событиями. Эти преимущества делают Simulink наиболее популярным инструментом для проектирования систем управления автоматизированным электроприводом.

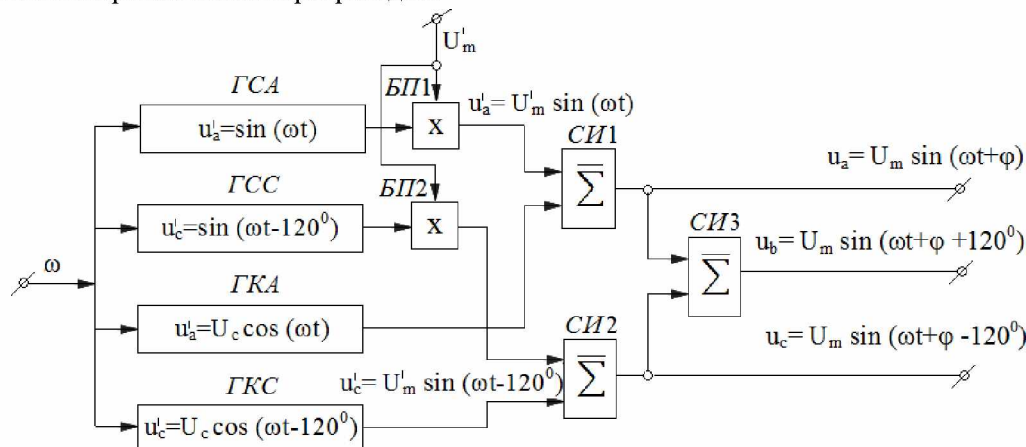


Рис. 1. Функциональная схема вычислительных блоков в составе математической модели генератора синусоидальных напряжений

Результаты исследований. На рис. 1 показана функциональная схема, основные вычислительные блоки которой выполняют математические действия, описанные уравнениями (1). Согласно этой схеме для составления математической модели трехфазного генератора синусоидальных сигналов требуется 4 генератора гармонически изменяющихся сигналов: генераторы синусоид фаз А и С (ГСА и ГСС), генераторы косинусоид фаз А и С (ГКА и ГКС), у которых амплитуда является постоянной, а угловая частота ω – регулируемой.

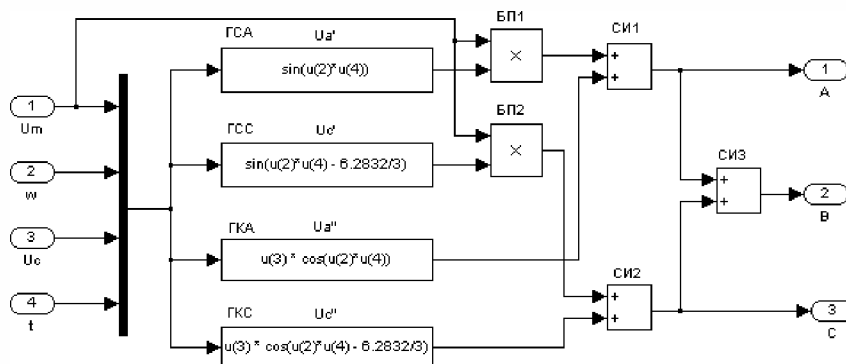


Рис. 2. Математическая модель генератора синусоидальных напряжений

Два блока перемножения БП1 и БП2 необходимы для регулирования амплитуды U'_m , сигнала пропорциональной нагрузке на валу асинхронного двигателя. Для вычисления первого и третьего уравнения (1) используются сумматоры-инверторы СИ1 и СИ2, а для вычисления второго уравнения – СИ3.

Структурная схема математической модели с использованием программного комплекса «Matlab & Simulink», показанная на рис. 2, составлена по функциональной схеме на рис.1 и полностью соответствует алгоритму, заложенному уравнениями (1). Из рис.2 видно, что математическая модель ГСС, также содержит 4 генератора гармонически изменяющихся сигналов, выходные параметры которых изменяются в соответствии с заданными уравнениями с текущей переменной времени t . Относительные начальные фазовые сдвиги

ги для синусоидальных и косинусоидальных сигналов, согласно алгоритму генерации, составляют 0° и 240° , поэтому суммарное значение сигналов на выходах сумматоров – инверторов СИ1 и СИ2 (рис.1, рис.2) соответствуют формированию управляющих сигналов задания токов фаз I_{1a} и I_{1c} . Сигнал задания на ток фазы I_{1e} формируется на выходе СИ3.

Для предварительного расчета параметров системы управления электропривода по системе ПЧ-АД для основных механизмов промышленного робота М20П выбран асинхронный двигатель серии 4А80А6У3 степени защиты IP44 со следующими паспортными данными [2]:

- $P_n = 0,75 \text{ кВт}$ – номинальная мощность;
- $n_0 = 1000 \text{ об/мин}$ – синхронная скорость;
- $U_{1ф} = 220 \text{ В}$ – номинальное фазное напряжение;

Расчетные значения сопротивлений X_1 и R_1 , как параметры упрощенной Г-образной схемы замещения и номинальный момент, рассчитанные по формулам из [2] и [3] имеют значения: $M_{ном} = 7,82 \text{ Нм}$, $X_1 = 0,11 \text{ Ом}$, $R_1 = 0,15 \text{ Ом}$.

Расчитанные значения токов для номинального режима при частоте $f = 50 \text{ Гц}$ соответственно равны: $I_{1н} = 6,68 \text{ А}$, $I_{\mu} = 3,81 \text{ А}$ и $I'_{2ном} = 4,53 \text{ А}$.

При увеличении нагрузки на валу двигателя ток ротора достигает предельного значения, которое может быть определено подстановкой критического скольжения [3] ($s_n = s_k = 0,37$), т.е. $I'_{2предел.} = 5,33 \text{ А}$.

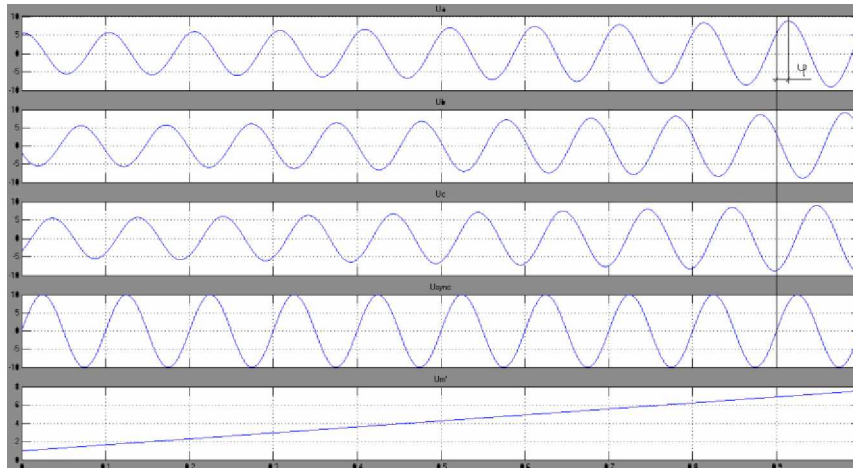


Рис. 3. Графики изменения выходных сигналов ГСС при $U_c = const$, а изменение сигнала $U'_m = 1 \div 7,54 \text{ В}$ происходит в течение 1 сек.

Задавшись максимальным значением $U'_m = 7,54 \text{ В}$, что соответствует предельному значению тока ротора, равному $I'_{2предел.} = 5,33 \text{ А}$, а также амплитудным значением намагничивающего тока равным $U_c = 5,39 \text{ В}$ были проведены расчеты с использованием программного комплекса «Matlab & Simulink», результаты которых представлены на рис. 3 и на рис. 4.

Как видно из рис.3, при заданных пределах изменения нагрузки на валу асинхронного двигателя, регулирование тока статора происходит за счет снижения приращения угла сдвига между приложенным напряжением и током статора.

Результаты программирования на основе построенной математической модели позволяют перейти к процессу написания встраиваемой в микроконтроллер программы на языке Си. Для этого необходимо выделить в памяти микроконтроллера область для хранения значений всех входных, выходных и необходимых для расчета переменных соответствующих типов.

Далее, необходимо выбрать такие периферийные устройства микроконтроллера, которые могут выполнять функции блоков, заложенных в математической модели. Так, например, для выполнения математических действий используются стандартные операнды языка Си, такие как сложение, умножение переменных с плавающей запятой, включая тригонометрические функции.

Для реализации отсчета точных дискрет времени, участвующих в процессе измерения входных величин и формирования гармонических сигналов используются встроенные 16-разрядные таймеры, обладающие, кроме всего, функцией генерирования ШИМ, хорошо подходящей для задачи цифро-аналогового

преобразования. Оценка производительности математических вычислений производится в соответствии с тактовой частотой ядра микроконтроллера и особенностями его архитектуры.

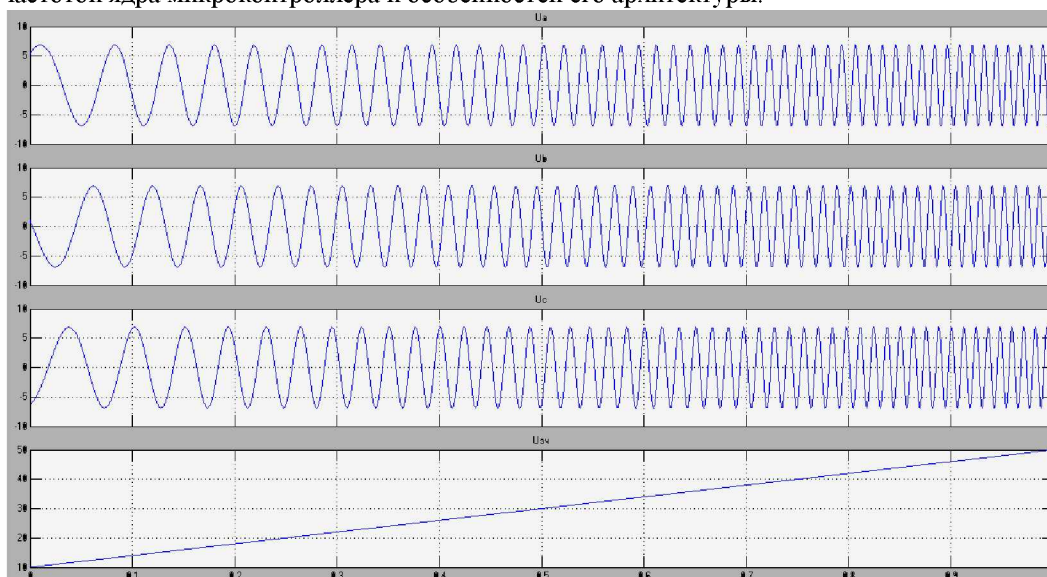


Рис. 4. Графики изменения выходных сигналов ГСС при $U'_m = 4,54 \text{ В}$, а изменение сигнала $f = 10 \div 50 \text{ Гц}$ происходит в течение 1 сек.

Написанию непосредственного текста программы предшествует разработка блок-схемы (рис.5), отражающий алгоритм действия этапов работы программного продукта ГСС. В процессе подготовки программного продукта на языке Си посредством написанного текста стандартных операндов, согласно приведенному блок-схеме, реализуется привязка измеренных АЦП входных величин, математически рассчитанных промежуточных данных и вывод их при помощи периферии микроконтроллера на выход ГСС. Наконец, производится отладка программного обеспечения на предмет ошибок и синхронизации основных потоков программы.

Разработанная блок-схема программы трехфазного генератора синусоидальных сигналов для микроконтроллера в составе микропроцессорной системы управления электроприводом по системе ПЧ-АД, позволяет выполнять программу ГСС в следующей последовательности:

1. Начало работы алгоритма включает в себя инициализацию всей необходимой периферии, с которой будет работать контроллер (порты, таймеры, ШИМ и т.д.) и инициализации таймеров для отсчета дискрет времени и проведения измерений АЦП. Алгоритм условно выполняется в 2 потока.
2. В первом потоке происходит измерение входных каналов ГСС с помощью АЦП и таймера. Частота дискретизации 66кГц. Далее происходит помещение результатов измерения во временные регистры и произведение вычислений, соответствующих математической модели ГСС. Результаты вычислений помещаются в регистры R1-R3 и далее передаются в буфер ОЗУ для синхронизации данных со 2-м потоком алгоритма.
3. Начало работы второго потока алгоритма происходит с ожидания готовности окончания расчета и помещения значений из регистров R1-R3. Теперь численные значения регистров R1-R3, соответствующие U_a , U_b и U_c готовы для передачи в соответствующие регистры OCR3-OCR5 таймеров T3-T5 для произведения цифро-аналоговых операций при помощи ШИМ. Частота дискретизации ШИМ составляет треть от частоты дискретизации измерений АЦП и равна 22кГц. Конец работы 2-го потока завершается действием инкрементации дискреты времени t .
4. Алгоритм будет повторяться до бесконечности, до тех пор, пока не сработает таймер WDT, защищающий программу от аппаратного сбоя или «зависания».

Выводы:

1. Разработанная математическая модель трехфазного генератора синусоидальных сигналов позволила определить структуру построения микропроцессорного варианта ГСС и сформулировать необходимые рекомендации для создания программного продукта.
2. Разработанная блок схема программного обеспечения микропроцессорной ГСС и полученный в результате моделирования с использованием программного комплекса «Matlab & Simulink» математические выражения позволяют легко адаптироваться в среде программного продукта на языке Си.

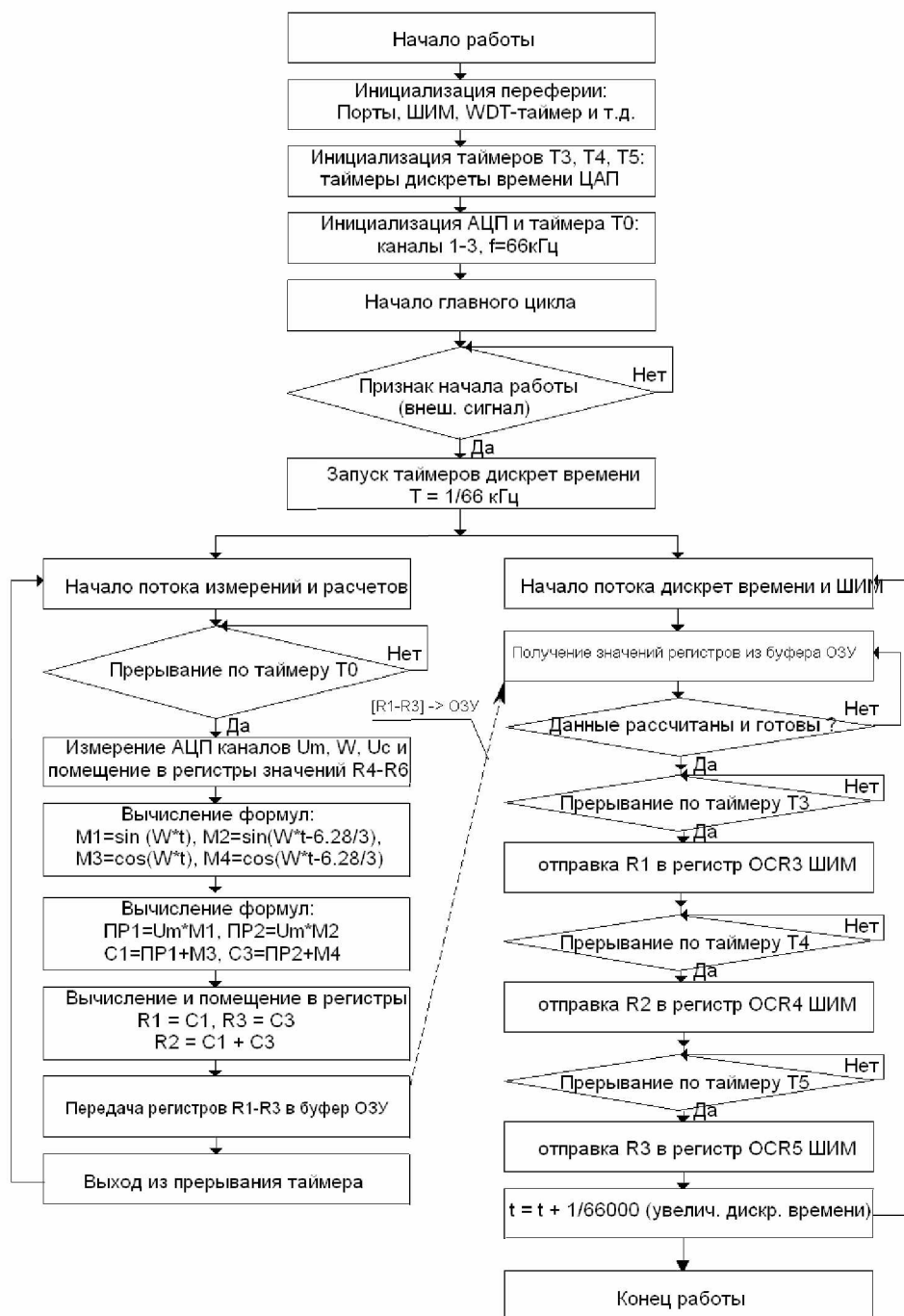


Рис.5. Блок схема программного обеспечения микропроцессорного ГСС.

Литература

1. Кадыров И.Ш. Принципы, методы и алгоритмы построения микропроцессорных систем управления электромеханическими машинными агрегатами [текст]: Монография / Кадыров И.Ш. – Бишкек: ИЦ «Текник», 2007. – 206 с.
2. Асинхронные двигатели серии 4А [текст]: Справочник по электрическим машинам / Под общ. ред. Кравчик А.Э. – М.: Энергоиздат, 1982. – 182 с.
3. Ключев В.И. Теория электропривода [текст]: Учебник для вузов / Ключев В.И. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.

УДК: 621.833.68:62-231.3

СИЛОВАЯ БЕССТУПЕНЧАТАЯ ПЕРЕДАЧА С КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЦЕПЬЮ УПРАВЛЕНИЯ

Жунисбеков П.Ж. КазНАУ,
Альпеисов А.Т. и Сейткулов А.Т. КазНТУ, Алматы

В статье приведены анализ существующих передаточных механизмов, в том числе и бесступенчатые передачи с силовой цепью управления, отмечены их преимущества и недостатки. Предложен новый тип силовой бесступенчатой передачи с кинематической цепью управления, повышающий надежность и долговечность передачи, область их применения.

The paper presents an analysis of existing transmission mechanisms, including and a continuously variable transmission with power control circuit, marked their advantages and disadvantages. A new type of power continuously variable transmission with a kinematic chain management, increases the reliability and durability of the transmission area of their application.

В настоящее время в транспортных и во многих других машинах и агрегатах используются миллионы передаточных механизмов. Они предназначены для передачи энергии от двигателей (электрических, дизельных, бензиновых, ветровых и др.) к исполнительным механизмам (колесам, гусеницам, рабочим органам технологического оборудования и т.д.). Эти передачи оказывают влияния на качества, своевременность и экономичность выполнения технологических процессов машин и агрегатов. Нашедшие широкое применение ступенчатые передачи не обеспечивают качественного изменения передаточных отношений и имеют большие габариты и массы. Не нашли широкого применения известные бесступенчатые передачи из-за дороговизны, ограниченных пределов регулирования, низкой надежности и т.д. Известны силовые бесступенчатые передачи (БП) с силовой цепью управления - N_p (рис.1). Управление передаточным отношением осуществляют изменением величины потока мощности N_p , проходящий через вариатор цепи управления или при помощи силовой цепи управления.

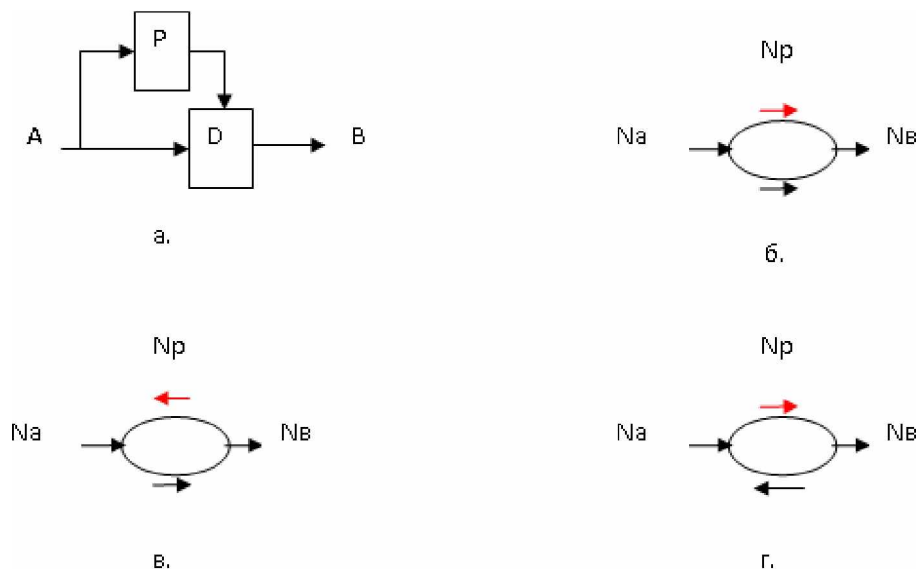


Рисунок 1. Схемы бесступенчатой передачи (БП) с силовой цепью управления (а) и потока мощностей, где D – дифференциал, P – вариатор, N_A и N_B – входная и выходная мощности, N_p – мощность проходящий через вариатор.

Основным недостатком этих передач является большие габариты и масса вариатора установленные в цепи управления. В цепи управления контурных передачах устанавливаются (торовые, ременные, гидравлические, электрические и др.) вариаторы. Например, габариты и масса клиноременного вариатора цепи управления в один крат превышает габариты и массу планетарной передачи БП. Поэтому, они из-за больших габаритов и высокой цены не нашли широкого применения в машиностроении.

Разработан новый тип силовой бесступенчатой передачи с кинематической цепью управления (КЦУ), на основе изобретений «Регулируемая передача Жунибекова П.» А.С.СССР N1788365, «Регулируемая передача Жунибекова П.» патент РК N 647, «Механизм поворота гусеничных машин Жунибекова П.» решение о выдаче предварительного патента РК по заявке № 990881.1-1210 и др. [1,2,3,4,5,6,7].

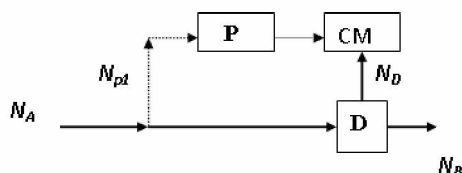


Рисунок 2. Схема БП с кинематической цепью управления, где D – дифференциал, P – вариатор, CM – самотормозящий механизм, N_{p1} – мощность подводимый к вариатору, N_D – мощность забираемый самотормозящим механизмом CM.

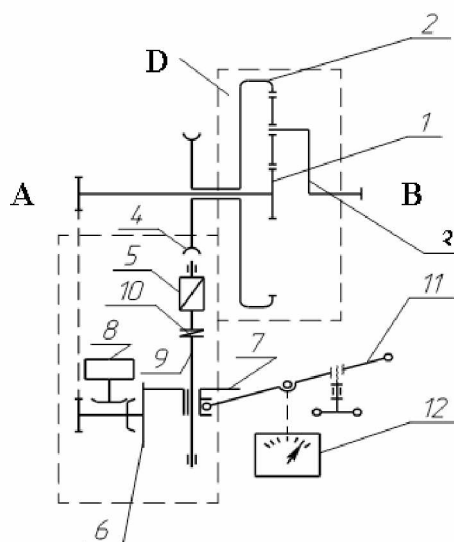


Рисунок 3.-Кинематическая схема БП с КЦУ одним дифференциалом.

Использование в бесступенчатой передачи (БП) кинематической цепи управления в один крат уменьшает массу и габариты вариатора. Повышается надежность и долговечность всего БП тем, что вариаторная цепь управления не участвует в передаче мощности, при высоком качестве регулирования и большем диапазоне передаточного отношения механизма. Эти БП могут найти применения как передаточные механизмы, ходоуменьшители, механизмы поворота, управляемые дифференциалы и т.д.

В народном хозяйстве эти передачи найдут применения в станках, волочильных станах, нефтяных, горных машинах и агрегатах, тракторах, комбайнах, автомобилях, в машинах водного и воздушного транспорта, строительно-дорожных машинах, сельскохозяйственных машинах и во многих других машинах и агрегатах с целью обеспечения их конкурентоспособности на внутреннем и мировом рынках.

Отличаются изобретенная передача от известных бесступенчатых передач с силовой цепью управления тем, что управляют передаточным отношением кинематической цепью не участвующим в передаче мощности.

В исследуемой передаче вариатору P (рис.2) подводится мощность N_{p1} раз 15-20 меньшая мощность, чем N_p (рис.1). Мощность N_D не пропускается в вариатор самотормозящей парой (CM). Величина мощности N_{p1} определяется силой трения в самотормозящей паре и частотой вращения управляемого червяка CM.

Передача содержит (рис.3) дифференциал имеющий соединение с ведущим валом А звено 1, управляемое звено 2 и третье звено 3, связанное с ведомым валом В. Передача имеет также самотормозя-

щий, например червячный механизм, посредством которого управляемое звено 2 связано со средством Р регулирования частоты вращения звена 2.

Самотормозящий механизм состоит из жестко соединенного со звеном 2 колеса 4 и червяка 5. Средство Р регулирования выполнено в виде вариатора с диском 6, который кинематически связан со звеном 1 и соответственно с ведущим валом А.

Вариатор содержит также ролик 7 и барабан 8, связанный с диском 6 зубчатой парой. Ролик 7 установлен на выходном валу 9 средства Р регулирования с возможностью осевого перемещения и поочередного взаимодействия с торцевой поверхностью диска 6 и боковой поверхностью барабана 8. Вал 9 через муфту 10 соединен с червяком 5. Барабан 8 может быть выполнен с конической боковой поверхностью.

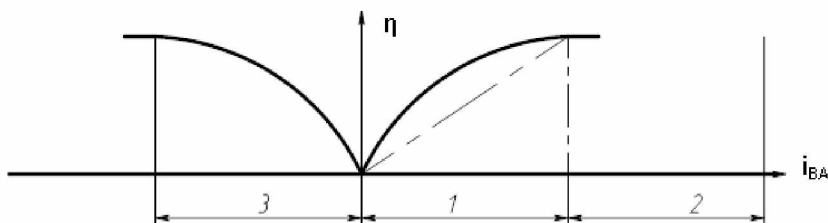


Рисунок 4. - Зоны существования БП, зона 1-с отводом мощности по цепи Р, зоны 2 и 3-с подводами мощности.

Ролик 7 связан с рычагом 11 его перемещения, который имеет средство 12 индексации его положения и регулируемый упор 13.

На рис. 4. приведены область существования бесступенчатых передач. Первая зона 1 соответствует когда по цепи управления Р отводится мощность вариатором от управляемого звена 2, во второй зоне 2 по обоим цепям протекают мощности от ведущего А к ведомому валу В. В третьей зоне 3 по цепи управления подводится мощность, а по цепи дифференциала осуществляется его отвод. При работах БП в зонах 1 и 3 в контуре возникает циркулирующая мощность.

Предложенный способ бесступенчатого регулирования с кинематической цепью управления может функционировать только в первой зоне 1 или только в режиме работы с отводом мощности от управляемого звена, его торможением. Если в известных конструкциях тормозили вариатором Р. В предложенном способе достигают торможение самотормозящей парой 4 и 5 (рис. 3), управляемый таким же вариатором Р. Использование самотормозящей парой 4-5 исключает поступление отводимой от управляемого звена мощности N_p к вариатору Р или его катку 6 и диску 7.

При это вариатором Р подводится к червяку 5 весьма малая по сравнению с N_a мощность достаточная только для преодоления червяка 5 и колеса 4. Уменьшением мощности проходящий через вариатор Р, в данном способе регулирования, достигается улучшение свойств БП. Уменьшение массы габарита, улучшение надежности и качества регулирования.

Рекомендуемая бесступенчатая передачи в перспективе найдет применение в станках, волочильных станах, нефтяных, горных машинах и агрегатах, тракторах, комбайнах, автомобилях, в машинах водного и воздушного транспорта, строительно-дорожных машинах, сельскохозяйственных машинах и во многих других машинах и агрегатах.

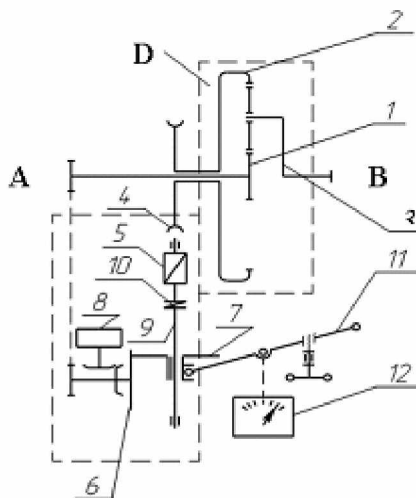


Рисунок 3.-Кинематическая схема БП с КЦУ одним дифференциалом

Литератур

1. Регулируемая передача Жунибекова П. / П.Жунибеков (СССР).- А.с.СССР № 4278439/63; Заяв. 28.05.87; Опубли. 15.01.93. Бюл.№2.Жунибеков П.Ж. Применение бесступенчатой передачи Жунибекова П. В машиностроении. Сб. статей конференции 100-летия академика К.Сатбаева. Том 3, Алматы, 1999.Бесступенчатая передача Жунибекова П.Ж. с кинематической цепью управления. Отчет научно-исследовательской работы за 1994 г. / Руководитель П.Ж.Жунибеков. -N ГР0194РК01289; Инв.№0294РК00151. Алматы, 1995.Бесступенчатая передача Жунибекова П. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и аспирантов.-Алматы,Казгосагпу, 1997.-234 с.Бесступенчатая передача П.Жунибекова (варианты). Предварительный патент N 5061. Заявка № 950737.1 Национальное патентное ведомство РК, 15.08.1997 г. Бюл.№3.Регулируемая передача Жунибекова П. А.С.СССР N1788365 кл. F 16 H 3/44, патент РК N 647Механизм поворота гусеничных машин Жунибекова.П. Предпатент РК № 10530.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАШИН СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И УСТАНОВЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО ИЗНОСА ИХ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ

Кабашев Р.А.

Казахская автомобильно-дорожная академия им. Л.Б.Гончарова (КазАДИ)

В статье изложены основные методы повышения эффективности машин строительного производства на основе совершенствования системы эксплуатации машин с учетом грунтовых условий строительства автомобильных дорог и инженерных систем.

Дальнейшее развитие экономики Республики Казахстан, предусмотренное стратегией «Казахстан - 2050», во многом зависит от темпов роста эффективности работы строительной отрасли, которая может быть обеспечена за счет создания инновационных машин строительного производства (МСП) и совершенствования системы их эксплуатации.

В общем объеме строительного производства Республики Казахстан земляные работы занимают значительный удельный вес (ежегодно производится свыше 900 млн. куб.м. этих работ), которые выполняются землеройной техникой. В настоящее время в стране эксплуатируется около 14 тыс. машин для земляных работ (экскаваторов, скреперов прицепных, самоходных, бульдозеров, погрузчиков, автогрейдеров и др.). Поэтому разработанные нами методики повышения эффективности МСП выполнены на примере землеройных машин (ЗМ).

Известно, что эффективность использования МСП представляет собой совокупность двух понятий: производительность машин и затрат на их приобретение и эксплуатацию. Эксплуатационные свойства ЗМ значительно зависят от состояния системы «рабочее оборудование - грунт». Рабочие органы (РО) ЗМ имеют подсистемы: ножевые, ковшевые, отвальные, которые снабжаются ножами, зубьями и другими видами режущих элементов (РЭ).

В процессе эксплуатации машин 80-90% подвижных сопряжений выходят из строя вследствие износа, при этом снижается КПД, точность, экономичность, надежность и долговечность, ухудшаются их динамические и акустические характеристики.

Детали машин для земляных работ подвергаются различным видам изнашивания в следующем соотношении: абразивному изнашиванию, гидроабразивному, газоабразивному – 47%; изнашиванию при фреттинг коррозии – 16%; изнашиванию при заедании – 14%; усталостному изнашиванию – 12%; прочим (эрозионному, кавитационному и др) – 11%. Поэтому совершенствование системы эксплуатации МСП на основе установления предельного износа их узлов и деталей весьма актуально.

К быстроизнашивающимся узлам ЗМ относятся детали и узлы, которые непосредственно контактируют с абразивной средой, к ним относятся: РО, ходовое оборудование машин (гусеницы, опорные катки, соединительные пальцы и др. детали).

Для установления характера износа РОЗМ и определения производительности и удельной себестоимости разработки единицы грунта по мере изнашивания режущего инструмента были проведены эксперименты в различных регионах эксплуатации землеройной техники на объектах строительства и реконструкции АО «Алматыинжстрой», при ликвидации чрезвычайных последствий подразделениями ГУ «Казселезащита» по разработанной профессором Р.А. Кабашевым методике [1].

Экспериментально установлено, что для ножей бульдозеров и скреперов характерен неравномерный износ по ширине ножа, особенно интенсивно изнашиваются крайние ножи, закругляясь по боковым граням, а на крупнообломочных грунтах наблюдаются сколы и поломки ножей.

Зубья экскаваторов в процессе изнашивания затупляются, укорачиваются, а по задней грани образуются площадки износа. При этом крайние зубья изнашиваются более интенсивно, характерным является закругление их режущих кромок в плане, изнашиванию подвергается также кромка самого ковша.

Для установления характера износа и изменения геометрических размеров ножей бульдозеров в процессе изнашивания на грунтах различного механического состава измеряются следующие параметры: линейный износ ножа Δ , радиус затупления r , площадка износа a и угол ее наклона ϕ , угол заострения β , задний угол γ . Для этого фиксировалась последовательное изменение профиля ножа по его оттиску на пластинках, покрытых пластилином, путем вычерчивания на металлическом шаблоне, покрытом несколькими слоями лака, конфигурации РЭ с последующим микрометрированием до и после определенного времени чистой работы бульдозера.

Изучение характера изменения геометрических размеров РО ЗМ позволили выделить три вида износа: затупление по радиусу r , образование площадки износа a , одновременное появление площадки износа и радиуса затупления, рисунок 1.

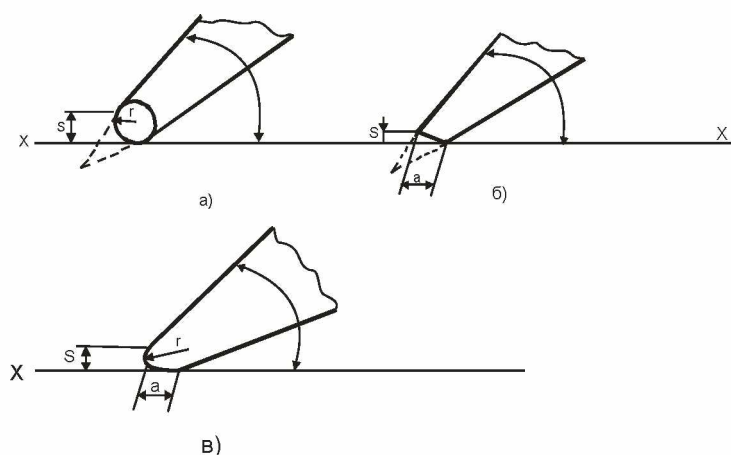


Рисунок 1 – Виды износа режущих элементов землеройных машин

а – затупление; б – площадка износа; в – комбинация площадки износа и затупления; S – приведенный размер износа

Износ РО значительно влияет на силы резания и нагруженность металлоконструкций, узлов и деталей рабочего оборудования машин [2]. В процессе реальной эксплуатации ЗМ возникает необходимость оперативного определения дополнительных сил резания от износа РО, влияющих на степень нагруженности металлоконструкций, поломки РО, повышенного расхода топлива, снижения производительности машин и т.п.

В полевых условиях с использованием динаметрической тележки были проведены эксперименты по определению дополнительной силы резания от износа рабочего инструмента, получена формула для ее расчета на талых и мерзлых грунтах:

$$P_{\text{доп}} = C \sqrt[3]{h} \cdot v \cdot S \left(\frac{6}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}} + \frac{3,5}{\sin \phi} \right), H, \tag{1}$$

$$P_{\text{доп}} = C \sqrt[3]{h} \cdot v \cdot S \left(\frac{8,75}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}} + \frac{2,6}{\sin \phi} \right), H, \tag{2}$$

где C - число ударов ударника ДорНИИ; h, v – глубина, ширина резания, см; S – размер затупления, см; α, ϕ – соответственно углы резания и наклона площадки износа, град.

Для установления влияния степени износа РО на расход горюче-смазочных материалов производился учет их расхода по специальному журналу машиниста. Установлено, что изменение геометрических параметров РО в процессе изнашивания сказывается на снижении производительности, эффективности и повышении себестоимости разработки грунта.

Проведенная авторами организационная работа на предприятиях, эксплуатирующих землеройную технику по своевременной замене и ремонту РО при достижении предельного размера износа, состоит из следующих этапов:

- издание приказа о проведении работ по своевременной замене или ремонту РО, где определяются сроки, ответственные за исполнение лица, меры поощрения и т.п.;
- привязка плана этих работ в управлениях, на участках и в бригадах, включение их в планы внедрения новых технологий;

- осуществление технологической дисциплины по поддержанию предельных размеров износа РО в течение года;
- определение экономического эффекта от внедрения новых технологий по своевременной замене или ремонту РО.

Привязка плана работ осуществляется путем заполнения акта фактического состояния затупления РО, таблиц расчета повышения эффективности МСП после внедрения новых технологий эксплуатации.

Акт фактического состояния затупления S рабочего органа составляется комиссией на основе обследования парка МСП, при этом замер шаблоном затупления РО, должен выполняться одновременно по всем машинам в течение 2-3 дней с заполнением акта.

Расчет эффективности мероприятий осуществляется планированием объемов работ по группам машин. При этом для каждой группы машин, планируемые на год объемы грунта берутся на основании проектов или опыта эксплуатации. Все грунты подразделяются по категориям и их изнашивающей способности.

Для изучения изнашивающих способностей грунта были созданы полевая и лабораторная установки, для испытания РО ЗМ, подтвержденные авторскими свидетельствами (А.С. №1073615 и № 970189) и проведены эксперименты в полевых и лабораторных условиях по определению коэффициента относительной изнашивающей способности грунтов $K_{и}$ и зональных поправочных коэффициентов к нормам расхода режущего органа ЗМ, которые приведены в таблице 1, по регионам Республики Казахстан.

Таблица 1 – Пределы изменения и наиболее вероятные значения изнашивающей способности грунтов и поправочных коэффициентов к нормам расхода РО МСП

№ п/п	Области	Коэффициенты относительной изнашивающей способности грунтов, $K_{и}$	Зональный поправочный коэффициент к нормам расхода режущих органов МСП, $K_{н}$
1	2	3	4
1.	Алматинская	$\frac{1,85 \dots 4,00}{3,02}$	$\frac{0,68 \dots 1,88}{1,27}$
2.	Жамбылская	$\frac{2,04 \dots 4,48}{3,32}$	$\frac{0,86 \dots 1,88}{1,39}$
3.	Южно-Казахстанская	$\frac{1,27 \dots 2,98}{2,34}$	$\frac{0,53 \dots 1,25}{0,98}$
4.	Кызылординская	$\frac{0,88 \dots 2,06}{1,45}$	$\frac{0,37 \dots 0,86}{0,61}$
5.	Атырауская	$\frac{0,76 \dots 2,32}{1,70}$	$\frac{0,32 \dots 0,97}{0,71}$
6.	Уральская	$\frac{0,79 \dots 2,28}{1,86}$	$\frac{0,32 \dots 0,86}{0,78}$
7.	Актюбинская	$\frac{1,01 \dots 2,22}{1,68}$	$\frac{0,42 \dots 0,93}{0,68}$
8.	Северо-Казахстанская	$\frac{0,47 \dots 2,14}{1,68}$	$\frac{0,20 \dots 0,90}{0,71}$
9.	Павлодарская	$\frac{1,28 \dots 3,23}{2,34}$	$\frac{0,53 \dots 1,36}{0,98}$
10.	Акмолинская	$\frac{0,85 \dots 1,17}{1,92}$	$\frac{0,36 \dots 0,91}{0,81}$
11.	Костанайская	$\frac{0,71 \dots 2,24}{1,72}$	$\frac{0,30 \dots 0,94}{0,72}$
12.	Карагандинская	$\frac{1,90 \dots 5,18}{4,45}$	$\frac{0,80 \dots 2,18}{1,87}$
13.	Восточно-Казахстанская	$\frac{1,66 \dots 3,87}{2,92}$	$\frac{0,70 \dots 1,63}{1,23}$

по Казахстану	$\frac{0,47 \dots 5,18}{2,38}$	$\frac{0,20 \dots 2,18}{1,00}$
---------------	--------------------------------	--------------------------------

Анализ таблицы 1 показывает, что коэффициент относительной изнашивающей способности грунтов по областям Казахстана колеблется в пределах $K_n = 1,45 - 4,45$, а зональный поправочный коэффициент к нормам расхода РО – $K_n = 0,61 - 1,87$ в зависимости от грунтовых условий.

Поэтому узлы и детали МСП наиболее интенсивно изнашиваются в регионах Карагандинской, Жамбылской, Алматинской, Восточно-Казахстанской областях, где преобладают крупнообломочные грунты с высокой абразивностью.

В изучении процесса изнашивание узлов и деталей различных машин и оборудования важнейшим является определение предельных размеров износа, при которых дальнейшая эксплуатация не целесообразна по экономическому критерию – себестоимости единицы продукции. Далее описании работы изложим методы установления предельных размеров износа РО ЗМ, которые определены на основе производственных испытаний бульдозеров, скреперов, экскаваторов при строительстве важнейших объектов Республики (плотины, дамбы, водохранилища, автомобильные дороги, очистка сооружений от селей, паводков и землетрясений).

В формировании себестоимости земляных работ по фактору изношенности РО участвуют два вида конкурирующих затрат:

- увеличение удельных приведенных затрат вследствие снижения производительности МСП, работающих длительное время с изношенными РО;
- снижение удельных приведенных затрат за счет «экономии» средств на режущий инструмент при увеличении времени его использования с повышенными размерами износа.

Эта задача решается путем определения предельного размера износа по графикам зависимости себестоимости разработки одного кубического метра грунта при различных размерах S .

Последовательность расчетов по определению себестоимости разработки грунта представлена на рисунке 2.

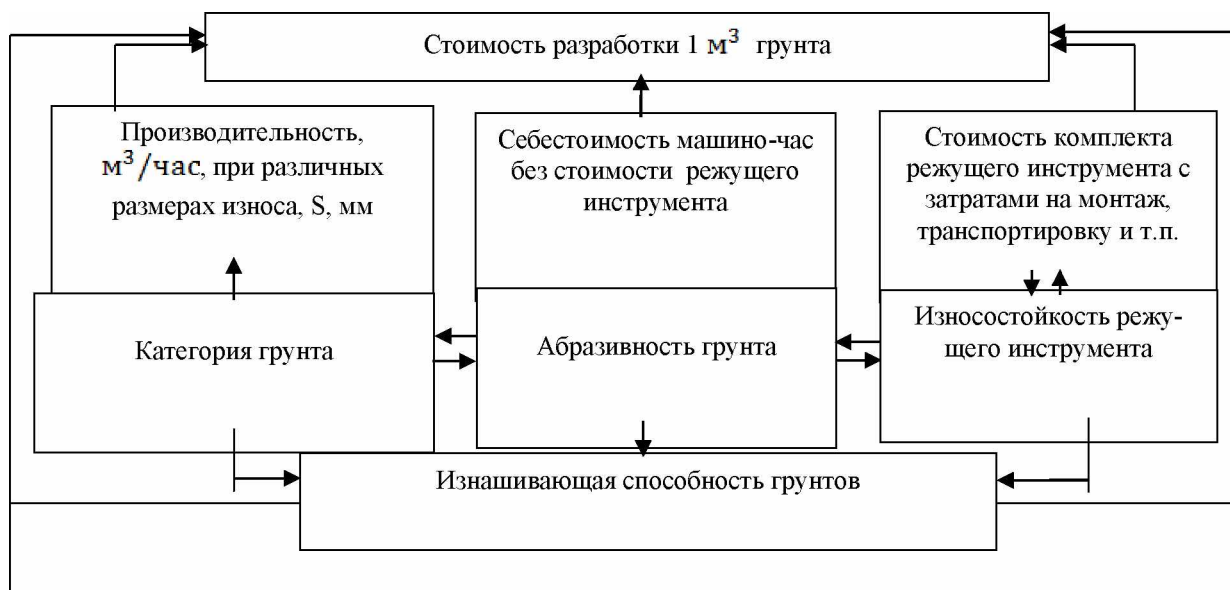


Рисунок 2 – Последовательность расчета себестоимости разработки грунта с учетом износа рабочих органов

Для расчета себестоимости разработки единицы объема грунта получена следующая формула:

$$C = \frac{C_{\text{маш.-ч}} \cdot \frac{C_{p.m}}{T}}{\Pi} + \frac{C_{p.m}}{V_H}, \text{ тг/м}^3, \tag{3}$$

где $C_{\text{маш.-ч}}$ – себестоимость машино-часа при заданных условиях работы; $C_{p.m}$ – стоимость комплекта РО с затратами на доставку, монтаж, демонтаж, простой машины во время его замены и ремонта, заработную плату рабочим и машинистам во время простоев; Π – производительность машины при определенном размере износа, S м³/час. V_H – объем разработанного грунта до достижения принятого размера износа (зависит от изнашивающей способности грунта), м³; T – срок работы РО, час (из существующих норм).

Расчет $C_{\text{маш.-час}}$ производится с учетом конкретных грунтовых условий эксплуатации, установленных ранее [см.2].

Согласно разработанной методике, установление предельных размеров затупления РО производилось на основе производственных испытаний бульдозеров, скреперов, экскаваторов на объектах ГУ «Казселезащита» и АО «Алматыинжстрой» при строительстве водохранилища Коксарай, плотин, дамб, автодорог в Кызылординской, Атырауской, Южно-Казахстанской, Жамбылской и других областях. Изменение себестоимости разработки в зависимости от износа режущей кромки ножей бульдозеров приведено на рисунке 3.

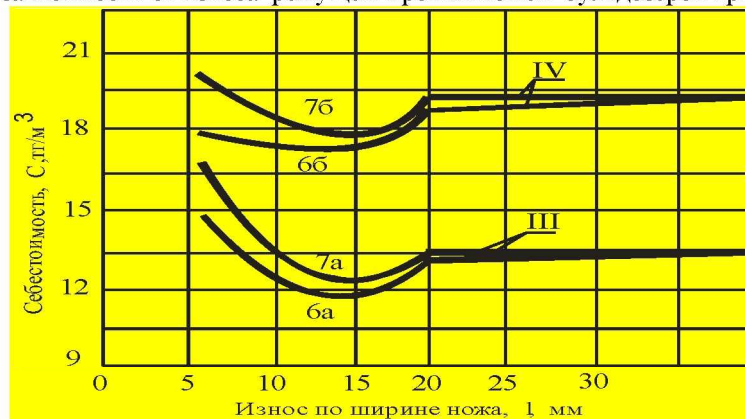


Рисунок 3 – Зависимость себестоимости разработки грунта бульдозером ДЗ-53 от величины износа ножей по ширине:

6а, 6б – себестоимость разработки грунта при замене наплавленными ножами; 7а, 7б – себестоимость разработки грунта при замене новыми ножами

Анализ рисунка 3 показывает, что минимальная себестоимость разработки единицы объема грунта обеспечивается при укорочении ножей на 12-16 мм, то есть после износа заостренной части. После износа этой части ножа себестоимость разработки грунта растет и стабилизируется до полного укорочения ножа по ширине. Поэтому необходимо методами упрочнения добиваться сохранения режущей части ножей или изготавливать их самозатачивающимися. При соблюдении этого условия себестоимость разработки единицы объема грунта уменьшается на 9-10%.

Изменение себестоимости разработки грунта в зависимости от степени затупления РО показывает, что при работе бульдозеров и скреперов ножами с приваренными пластинами из рессор (кустарный способ) себестоимость разработки 1 м³ грунта заведомо увеличивается на 2,5-15% - для бульдозеров и на 1-4% - для скреперов из-за изменения геометрии ножей. Поэтому кустарные способы увеличения долговечности РО не способствуют эффективному использованию землеройной техники; назрела необходимость создания специализированных машиностроительных предприятий по изготовлению и эксплуатации РО, что будет способствовать совершенствованию системы эксплуатации МСП в стране.

Расчет $C_{р.н.}$ производился калькулированием затрат, связанных с заменой или восстановлением.

Величина производительности Π при различных S определялась путем хронометража времени копания и последующего расчета по общеизвестным формулам.

Для ускорения экспериментов экскаватор комплектовался изношенными искусственно зубьями с различной степенью износа S (5, 10, 20, 30, 40 мм).

Объем наработки V_H до достижения принятого размера износа определялся из наблюдений на одной машине или по отчетным данным с последующим перерасчетом на другие машины.

На рисунке 4 представлены графики изменения себестоимости разработки различных категорий грунтов и производительности от степени износа зубьев экскаватора ЭО-4112А-1, по которым определяется предельная величина S , соответствующая минимальной себестоимости разработки единицы грунта.

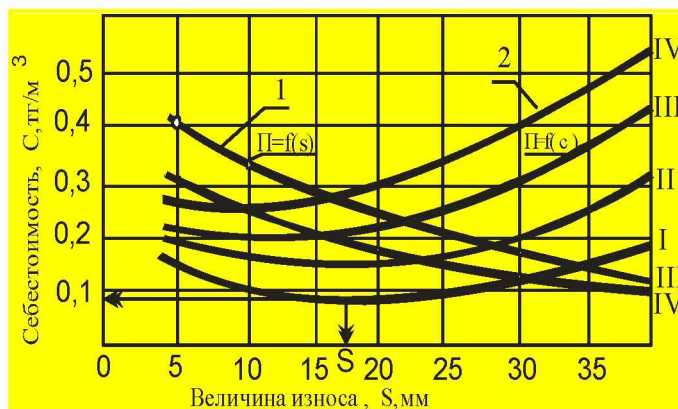


Рисунок 4 – Зависимость производительности и себестоимости разработки грунтов от величины износа зубьев экскаватора ЭО-4112А-1:

1 – производительность, Π, м³/час.; 2 – себестоимость, С, м³/тг; I, II, III, IV – категории грунтов

Эксперименты по установлению величины износа S зубьев экскаваторов вместимостью ковша от 0,25 до 4,6 м³ производились по вышеизложенной методике на объектах строительства ГУ «Казселезащита» и АО «Алматыинжстрой».

Анализ показывает что, 40% обследованных машин имели износ РО S более 23 мм, 12% - 30 мм и допускался износ более 45 мм. После 6-8 месяцев работы экскаваторов, при своевременной замене РО с соблюдением предельных размеров износа S, удалось снизить уровень их затупления. Случаи работы экскаваторов с износом зубьев более 20 мм сократились до 13,8%, а износ S > 45мм не допускался. Средняя величина износа S по всему парку машин снизилась с 25,3 до 20,3 мм, что дало значительный экономический эффект.

Путем такого же расчета разработаны номограммы зависимости себестоимости разработки различных категорий грунтов от величины износа S зубьев [см.2] в соответствии с международной классификацией по вместимости ковша одноковшовых экскаваторов размерной группы, которые позволили установить предельные размеры износа S, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Предельные размеры износа зубьев экскаваторов S, мм

Вместимость ковшей экскаваторов V, м³	Категории грунтов			
	I	II	III	IV
0,15...0,25	14	11	8	-
0,25...0,4	15	11	10	8
0,65...1,0	15	12	10	8
1,0...1,25	16	13	12	9
1,25...2,5	35	27	22	16
2,5...4,6	45	35	25	20

Для эффективной работы экскаваторов, выпускаемых в мире, вместимостью ковша 0,25 - 4,6 м³ на грунтах I - IV категорий, предельные размеры износа их зубьев не должны превышать значений, установленных авторами работы на основе экспериментальной апробации различных машин мира, эксплуатируемых в условиях грунтового фона Казахстана.

Широкими экспериментами были апробированы методы установления предельных размеров износа РО, и выполнены организационные мероприятия в строительных организациях по поддержанию установленного уровня износа РО ЗМ, выпускаемых разными странами мира (США, Германия, Япония, Китай и др.).

Во время эксперимента строительные организации ГУ «Казселезащита» и АО «Алматыинжстрой», производившие внедрение методов совершенствования системы эксплуатации машин, были обеспечены методической документацией и техническими средствами. Эксперименты проводились в 24 управлениях механизации, где соблюдались предельные размеры износа до и после внедрения. Экономическая эффективность этих мероприятий, которая охватила более 549 единиц МСП, составила 2 705 тыс. тенге.

Другим, из путей повышения эффективности эксплуатации ЗМ, является снижение уровня износа РЭ путем своевременного ремонта и замены режущего органа с соблюдением оптимального размера износа S, установленного экспериментальным наблюдением за парком ОЭ ГУ «Казселезащита» (см. таблицу 2).

Расчет экономической эффективности от внедрения методики производился по формуле:

$$\mathcal{E} = V_r [(C_1 - C_2) - E_H (K_2 - K_1)]; \tag{4}$$

где, \mathcal{E} – годовой экономический эффект; V_r – годовой объем наработки грунта; C_1, C_2 – себестоимость разработки грунта до и после внедрения оргтехмероприятий; K_1, K_2 – удельные капитальные затраты на развитие ремонтной базы и производство зубьев; E_H – нормативный коэффициент эффективности.

На рисунке 5 представлена схема формирования себестоимости разработки грунта в течение года от длительности межремонтного цикла или замены РЭ.

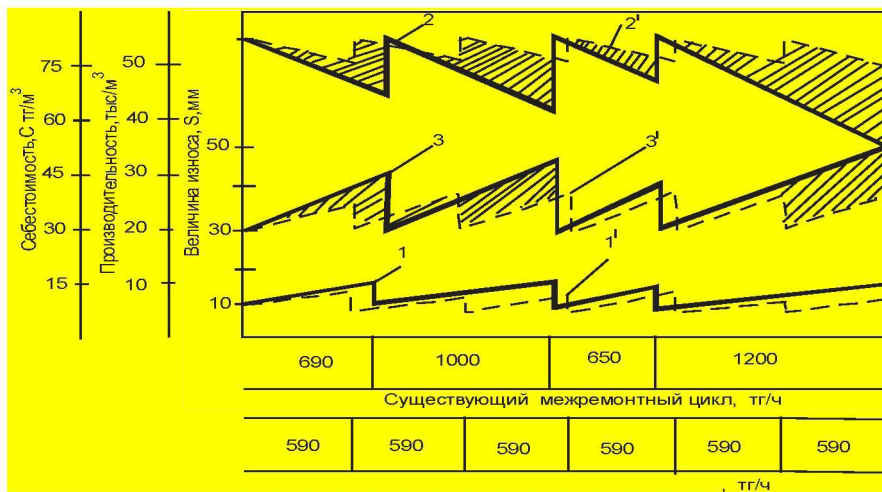


Рисунок 5 – Повышение годовой эффективности ЗМ за счет снижения среднего уровня износа их режущих элементов

1;1' – уровень износа до и после замены и ремонта режущих элементов; 2;2' – изменение производительности от износа; 3;3' – изменение себестоимости износа

Снижение среднего уровня затупления зубьев и поддержание $S = 15$ мм для экскаваторов вместимостью 1,0 - 1,25 м³ при разработке грунтов II категории повышает производительность машин на 15-17%, снижает себестоимость разработки грунта на 18-20%.

Себестоимость определялась в конце замены или межремонтного цикла по формуле 5.

Общие годовые затраты на выполнение земляных работ определяются по формуле:

$$C_2 = \sum C_i \Pi_i, \tag{5}$$

где, C_i – себестоимость разработки 1м³ грунта в момент ремонта или замены режущего элемента;

Π_i – производительность ЗМ при затуплении в конце цикла, м³.

Стоимость земляных работ за цикл определяется:

$$C_{ц} = \frac{C_1 + C_2}{2} V_{ц} \tag{6}$$

где $V_{ц} = \frac{\Pi_1 + \Pi_2}{2} t_{ц}$ – наработка за цикл, м³;

C_1, Π_1 – себестоимость и производительность в конце замены или межремонтного цикла РЭ;

C_2, Π_2 – себестоимость и производительность в конце замены или межремонтного цикла РЭ;

$t_{ц}$ – продолжительность межремонтного цикла или замены РЭ.

После определения затрат по замене или межремонтным циклам суммированием определяют годовые расходы.

Обследования показали, что количество ОЭ, эксплуатируемых с зубьями, изношенными более предельного размера износа в ГУ «Казселезащита» составило 549 машин, что составляет, 70-80% парка ГУ.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности ЗМ, является применение съемных наконечников и ножей многоразового использования [см.1].

Применение зубьев со съёмными наконечниками и ножей многоразового использования позволяет производить быстрый монтаж и демонтаж изношенного РОЗМ, что создает благоприятные условия для поддержания зубьев экскаватора в допредельном состоянии износа. *Основной экономически эффект от внедрения разработанной конструкции зубьев со съёмными наконечниками заключается в экономии высококачественного металла для их изготовления.* Масса наконечника, разработанной конструкции зуба в 2,45 раза меньше массы стандартного зуба экскаватора. При затуплении режущей кромки в результате изнашивания выбраковывается только наконечник зубьев, а их основания используются многократно. Срок службы съёмных наконечников при расчетах принят равным сроку службы стандартных зубьев.

Исходные данные для расчета экономической эффективности на примере съёмных наконечников приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительная оценка стоимостей наконечника и зуба экскаватора

Наименование показателей, единицы измерения	Условное обозначение показателей, их значение	Методы получения исходных данных
Стоимость одного стандартного зуба, \$	$C_3 = 91$	расчетный
Стоимость одного наконечника, \$	$C_H = 36,4$	Расчетный
Масса одного зуба, кг	$M_3 = 8,6$	взвешиванием
Масса наконечника, кг	$M_H = 3,5$	взвешиванием
Годовая потребность в зубьях на 1 экскаватор ЭО4112А-1, шт.	$N_3 = 18$	по существующим нормам

Приняв, что стоимость зуба и наконечника пропорциональны их массам, определяем стоимость наконечника:

$$C_H = C_3 \cdot M_H / M_3 = 91 \cdot \frac{3,5}{8,6} = 91 \cdot 0,4 = 36,4 \text{ $} \quad (7)$$

где, C_H – стоимость наконечника;

C_3 – стоимость зуба;

M_H – масса наконечника;

M_3 – масса зуба.

Годовая экономия затрат на изготовление запасных съёмных наконечников зубьев для одного экскаватора ЭО-4112А-1 в год составит:

$$\mathcal{E}_{г.н} = (C_3 - C_H) \cdot n_3 = (91 - 36,4) \cdot 18 = 982,8 \text{ $},$$

а учитывая, что всего в ГУ «Казселезащита» эксплуатируется $N_{п}=549$ единиц экскаваторов, тогда годовая экономия по всему парку будет равна:

$$\mathcal{E}_{г.п.} = \mathcal{E}_{г.н} \cdot N_{п} = 982,8 \cdot 549 = 539557 \text{ $}$$

Внедрения результатов работы имеет значительный экономический эффект, особенно для стран импортирующих МСП, который складывается: от снижения себестоимости разработки грунтов путем уменьшения количества машин, эксплуатируемых с чрезмерно изношенными РО; от дифференцированного приобретения и снижения расходов на складирование запасных РО; от применения съёмных наконечников к зубьям экскаваторов взамен целых зубьев и снижения затрат топливно-энергетических ресурсов за счет применения эффективных конструкций.

Получены зависимости дополнительных сил резания от приведенного размера затупления S , которые позволяют в условиях эксплуатации рассчитать дополнительные нагрузки, часто являющиеся причиной поломки рабочего оборудования ЗМ и повышенного расхода топлива вследствие чрезмерного износа РО. Экспериментальные исследования показали, что при работе экскаваторов с размерами затупления зубьев S в 3 раза превышающих предельные, часто в практике реальной эксплуатации возникают значительные нагрузки в металлоконструкциях рабочего оборудования, приводящие к увеличению напряжений в отдельных локальных участках до 1,81 раза и снижению надежности машин.

На основании разработанных нами ранее методов прогнозирования параметров машин [1], оценки технического уровня и совершенствования системы эксплуатации с учетом свойств среды и их взаимодействия спроектированы и изготовлены новые образцы машин строительного производства МСП и их рабочие органы, проведены заводские, производственные эксперименты по проверке их работоспособности и технико-экономических характеристик по сравнению с лучшими мировыми аналогами.

Начиная с 1987 года по настоящее время авторами разработаны и созданы следующие экспериментальные и опытные образцы МСП и их рабочее оборудование: *машины для земляных работ и их РО; маши-*

ны для уплотнения грунтов и материалов и их РО; машины для дробления каменных материалов; погрузочно-разгрузочные машины и их рабочее оборудование и др.

При разработке проектов механизации строительных работ необходимо прогнозировать эффективность применения наиболее целесообразных средств механизации, что может быть осуществлено с использованием соответствующих технико-экономических моделей, учитывающих условия производства работ, технические возможности СДМ, затраты и другие факторы. Упрощенный вариант методики прогнозирования может быть рассмотрен на примере механизации земляных работ с применением широко распространенных в практике строительства бульдозеров. В качестве критерия эффективности использован показатель удельных приведенных, который учитывает затраты на приобретение машины и ее эксплуатацию:

$$Z_{yn} = \frac{(C_{M-ч}\Phi + EC_M)}{P_э\Phi}, \quad (8)$$

где $C_{M-ч}$ – стоимость машино-часа;

E – коэффициент эффективности капитальных затрат: $E = 1/T_о$;

$T_о$ – срок окупаемости машины, год;

C_M – стоимость машины;

$P_э$ – эксплуатационная производительность, м³/ч;

Φ – время работы машины в течение года, ч.

Особенностью методики является определение ряда необходимых для расчета параметров на основе приемов, так называемой, статистической *технометрии* (термин предложен И.П.Керовым[3]. Это позволяет существенно сократить объем исходных данных и упростить расчеты. Например, на основе корреляционного анализа соотношений основных параметров с главным параметром – мощностью гусеничных бульдозеров с лобовыми отвалами, как отечественных, так и зарубежных фирм, в диапазоне мощностей от 50 до 600 кВт, получены линейные уравнения регрессии, связывающие массу бульдозера M , вместимость отвала q и мощность машины при коэффициенте корреляции 0,94:

$$\begin{aligned} M &= 0,16N, m; \\ q &= 0,046N, m^3. \end{aligned} \quad (9)$$

Исходными данными для расчета являются:

- тип и главный параметр машины (для бульдозера мощность N , кВт);

- грунтовые условия (категория трудности разработки грунта i);

- условия эксплуатации (дальность перемещения грунта L , коэффициент использования машины по времени K_B).

Стоимость бульдозеров, например, может быть определена на основе статистических соотношений, аппроксимированных линейными уравнениями с коэффициентами корреляции 0,89 – 0,91 для машин на гусеничных тракторах мощностью более 100 кВт (цены 2005 г. в тысячах \$ США):

$$C_{M(з)} = 1,2N + 79 \quad (10)$$

для зарубежных машин и

$$C_{M(о)} = 0,79N - 66 \quad (11)$$

для отечественных машин.

Аналогично можно определить стоимости машино-часа, используя, например, приближенный метод, предложенный Л.Форссбладом [4]. Согласно этому методу стоимость машино-часа работы СДМ (без учета заработной платы машиниста ЗП) принимается равной 0,03 – 0,04 % от стоимости машины, увеличивается с повышением ее мощности и определяется по выражению:

$$C_{M-ч} = (A + ГСМ + РС) + ЗП, \quad (12)$$

где A – амортизационные затраты (37%); $ГСМ$ – затраты на горюче-смазочные материалы (35%); $РС$ – затраты на ремонт и содержание машины (28%);

$$A + ГСМ + РС = (0,0003 - 0,0004)C_M; \quad (13)$$

(для справки по Л. Форссбладу: средняя ЗП составляет 3 – 4 \$ США).

Тогда

$$\begin{aligned} C_{M-ч(3)} &= (0,0003...0,0004)C_{M(3)}+3П, \$ США/ч, \\ C_{M-ч(0)} &= (0,0003...0,0004)C_{M(0)}+3П, \$ США/ч, \end{aligned} \tag{14}$$

где $C_{M-ч(3)}$ – стоимость машино-часа работы зарубежного бульдозера, долл.США;

$C_{M-ч(0)}$ – то же производства России, долл.США.

Эксплуатационная производительность

$$П_{Э} = П_T K_B, м^3/ч. \tag{15}$$

Остальные факторы, необходимые для расчета, представлены в обобщенной математической модели технической производительности СДМ. Однако в связи с большим числом факторов методом имитационного моделирования проведено их ранжирование по величинам коэффициентов уравнения регрессии с целью оценки весомости (рисунок 6). Незначимыми факторами можно считать 3-й ($K_{ПК}$), 7-й ($f_{СП}$), 15-й (K_q); мало-значимыми 2-й (η), 5-й (K_B), 8-й (f_M), 9-й (Δ), 11-й (f_1), 13-й (K_P). Наиболее значимыми являются факторы: 1(N), 4 ($K_{ПП}$), 6 (K'), 10 (L), 12 (G_M), 14 (q). После исключения незначимых факторов уравнение технической производительности бульдозера упрощается и принимает вид:

$$П_T = \frac{3600 N \eta K_{ПП}}{K' \frac{1}{1-f_M} + \frac{(1+K_{ПП})\Delta L f_1}{2} + 3 \frac{G_M L f_1 K_P}{q}}, \tag{16}$$

где $K_{ПП} = 1 - \lambda L$,

λ – интенсивность потерь грунта, 1/м, равная 0,004 – 0,005.

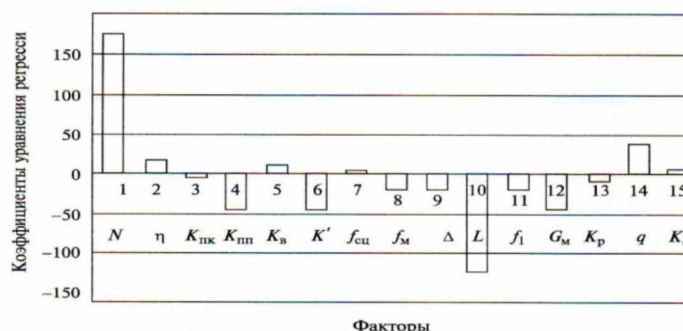


Рисунок 6 – Ранги влияния факторов на производительность бульдозеров

В соответствии с концепцией предлагаемой методики в качестве исходных данных приняты две группы факторов: 1) относящихся к машине – главный параметр N, к.п.д. η, отражающий тип трансмиссии, возраст машины T_0 , и 2) относящихся к условиям работы – K' , Δ , f_M , f_1 , K_P , дальность перемещениям грунта L, режим работы Φ .

Аналогичный анализ, выполненный для самоходных скреперов при их работе с толкачами, дал следующие результаты ранжирования 23-х факторов, входящих в математическую модель производительности этих машин, которые отразили специфику выполнения земляных работ скреперами. Наиболее значимыми факторами, кроме дальности перемещения грунта L, явились коэффициент сопротивления перемещению скрепера f_m^c , вместимость ковша скрепера q, мощность двигателя скрепера N^c , коэффициент использования мощности двигателя на этапе перемещения машины к месту разгрузки грунта m_2^c , вес скрепера G_M^c . К значимым факторам относятся: коэффициент использования мощности двигателя на этапе холостого хода m_3^c , коэффициент разрыхления грунта K_P , объемный вес грунта в плотном теле Δ , коэффициент использования вместимости ковша K_q , тяговый КПД скрепера η^c , время на маневрирование и разгрузку t_4 . Остальные 11 факторов не являются значимыми.

Таким образом, в процессе работы скреперов наибольшее влияние на их производительность оказывают дальность транспортирования грунта и качество транспортных путей, отражаемое коэффициентом сопротивления перекатывания машины и коэффициентами использования мощности двигателя при перемещении машины. Эффективность применения толкачей и их мощность определяются вместимостью ковша скрепера и коэффициентом ее использования. Одним из путей повышения эффективности скреперных агрегатов является снижение их металлоемкости.

В источнике [4] приведена методика расчета ориентировочной цены нового изделия Ц с использованием формулы М.А. Грязновой:

$$C = C_a \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \pm C_{доп} \quad (17)$$

где C_a – цена аналога;

K_1 – коэффициент, учитывающий соотношение ресурсов;

K_2 – коэффициент, учитывающий затраты на техническое обслуживание и ремонт;

K_3 – коэффициент, учитывающий надежность конструкции;

K_4 – коэффициент, учитывающий влияние конъюнктуры рынка;

K_5 – коэффициент, учитывающий лицензионно-правовые затраты;

$C_{доп}$ – дополнительные затраты на изготовление нового изделия с учетом объема производства.

Здесь $k_1 = \frac{T_H}{T_a}$, где T_H и T_a – ресурсы нового изделия и аналога. Таким же образом определяются коэффициенты 2 и 3. Коэффициент k_4 определяется из соотношения имиджей фирм. Коэффициент k_5 определяется по формуле:

$$k_5 = \frac{C_{max} - Z}{C_{max}}, \quad (18)$$

где C_{max} – максимальная цена, исходя из конъюнктуры рынка;

Z – правовые затраты.

Литература

1. Кабашев Р.А. Дорожные и строительные машины: абразивный износ рабочих органов землеройных машин. – Алматы: ФЫЛЫМ, 1997. – 434с.
2. Кабашев Р.А., Недорезов И.А. Машины строительного производства и их рабочие среды взаимодействия. – Москва-Алматы: Издательство «Бастау». 2013. – 444с.
3. Керов И.М. Статистическая технометрия при создании строительных и дорожных машин. – М. ЦНИИС, 2006. – 34с.
4. Форсблад Л. Вибрационное уплотнение грунтов и оснований. – М. Транспорт. 1987. – 188с.

УДК: 656.089(575.2-25)

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ НА ДОРОГАХ ГОРОДА БИШКЕК

Маткеримов Т.Б., Джетенова С.Н.
Кыргызско - Российский Славянский университет

ANALYSIS OF ACCIDENT RATE ON THE ROAD OF BISHKEK CITY

Matkerimov T., Djetenova S.
Kyrgyz - Russian Slavic University

В данной статье описано состояние вопроса обеспечения безопасности дорожного движения, выполнен анализ дорожно-транспортных происшествий в городе Бишкек по различным критериям, выяснены причины их возникновения.

This article describes the state of the problem of road safety, the analysis of traffic accidents by different criteria's in Bishkek city and explained the reasons of their occurrence on road.

Введение. Транспорт – неотъемлемая часть повседневной жизни современного человека. Огромное количество предприятий, организаций, учреждений и граждан пользуется услугами транспорта. Транспорт – связующее звено экономики страны, которое охватывает все виды общественного производства, распределения и обмена. От регулярной, четкой работы различных видов транспорта, своевременной перевозки грузов и пассажиров зависит ритмичная работа практически всех отраслей народного хозяйства, а подчас и жизни людей.

Целью исследования является необходимость обеспечения безопасности дорожного движения, так как она является на сегодняшний день важнейшей проблемой автомобильного транспорта.

Рост интенсивности транспортных и пешеходных потоков непосредственно сказывается на количестве дорожно-транспортных происшествий. Свыше 70% всех дорожно-транспортных происшествий приходится на города и другие населенные пункты. При этом на перекрестках, занимающих незначительную часть территории города, концентрируется более 30% всех дорожно-транспортных происшествий.

$$Ц = U_a \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \pm U_{доп} \quad (17)$$

где U_a – цена аналога;

K_1 – коэффициент, учитывающий соотношение ресурсов;

K_2 – коэффициент, учитывающий затраты на техническое обслуживание и ремонт;

K_3 – коэффициент, учитывающий надежность конструкции;

K_4 – коэффициент, учитывающий влияние конъюнктуры рынка;

K_5 – коэффициент, учитывающий лицензионно-правовые затраты;

$U_{доп}$ – дополнительные затраты на изготовление нового изделия с учетом объема производства.

Здесь $k_1 = \frac{T_H}{T_a}$, где T_H и T_a – ресурсы нового изделия и аналога. Таким же образом определяются коэффициенты 2 и 3. Коэффициент k_4 определяется из соотношения имиджей фирм. Коэффициент k_5 определяется по формуле:

$$k_5 = \frac{U_{max}^{-3}}{U_{max}}, \quad (18)$$

где U_{max} – максимальная цена, исходя из конъюнктуры рынка;

3 – правовые затраты.

Литература

1. Кабашев Р.А. Дорожные и строительные машины: абразивный износ рабочих органов землеройных машин. –Алматы: Ғылым, 1997. -434с.
2. Кабашев Р.А., Недорезов И.А. Машины строительного производства и их рабочие среды взаимодействия. –Москва-Алматы: Издательство «Бастау». 2013. -444с.
3. Керов И.М. Статистическая технометрия при создании строительных и дорожных машин. –М. ЦНИИС, 2006. -34с.
4. Форсблад Л. Вибрационное уплотнение грунтов и оснований. –М. Транспорт. 1987. -188с.