

DOI: 10.12731/2227-930X-2020-4-58-74

УДК 622.619

**МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН  
НА ПРИМЕРЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ПОГРУЗОЧНОЙ МАШИНЫ 2ПНБ-2**

*Макеева Е.И., Ракитина И.С., Мирославская М.Д.*

*На современном этапе научно-технического развития основными направлениями развития технологических машин являются: переход к непрерывным автоматизированным процессам, повышения качества выполнения работы, повышение эффективности использования машин.*

*Если рассматривать современные технологические машины, разработанные и сконструированные в течении последних 10-ти лет, то можно выделить большое количество машин, управляемых дистанционно (полностью или отдельными частями оборудования). Приведем несколько примеров новейших разработок:*

- MenziMuck M545X;*
- Palfinger PCC 57.002;*
- KOBELCO SK400DLC-10 и др.*

*Введение автоматики значительно повышает эффективность машины при наименьших трудовых затратах. Однако, на многих предприятиях до сих пор используется техника предыдущего поколения, так как произвести обновление основных фондов затратно. В таком случае, возникает актуальный вопрос повышения технологической и экономической эффективности существующей техники. Новизна результатов заключается в следующем:*

*– установлено, что повышение производительности погрузочных машин непрерывного действия достигается за счет их автоматического управления, которое регулирует подачу по уровню нагрузок и осуществляет защиту двигателей, трансмиссии рабочего органа и ходовой части;*

– разработана имитационная модель машины погрузочной машины непрерывного действия с автоматизированным управлением.

**Цель** – определение универсальной методики повышения эффективности технологических машин.

**Метод или методология проведения работы:** в статье использовались методы вычислительной математики, теории планирования эксперимента, методы технико-экономических расчетов в технике.

**Результаты:** определена поэтапная и структурированная методика повышения эффективности использования машины.

**Область применения результатов:** полученные результаты можно применять на транспортных, строительных и других предприятиях, в процессе деятельности которой используется технологические машины.

**Ключевые слова:** транспортно-технологические машины; технологическая эффективность; экономическая эффективность; методика.

## **METHODOLOGY OF INCREASING THE EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL MACHINES ON THE EXAMPLE OF INCREASING THE EFFICIENCY OF THE LOADING MACHINE 2PNB-2**

***Makeeva E.I., Rakitina I.S., Miroslavskaya M.D.***

*At the modern stage of scientific and technological development, the main directions of development of technological machines are: the transition to continuous automated processes, improving the quality of work, increasing the efficiency of using machines.*

*If we consider modern technological machines, developed and constructed over the past 10 years, then we can distinguish a large number of machines controlled remotely (in whole or in separate parts of equipment). Here are some examples of the latest developments:*

- MenziMuck M545X;*
- Palfinger PCC 57.002;*
- KOBELCO SK400DLC–10 and other.*

*The introduction of automation greatly improves the efficiency of the machine with the lowest labor cost. However, many enterprises still use the technology of the previous generation, since it is costly to update fixed assets. In this case, the urgent question arises of increasing the technological and economic efficiency of existing equipment. The novelty of the results is as follows:*

- it was found that an increase in the productivity of continuous loading machines is achieved due to their automatic control, which regulates the supply according to the level of loads and protects the engines, the transmission of the working body and the running gear;*
- a simulation model of a continuous loader machine with automated control was developed.*

**Purpose** – *determination of a universal technique for increasing the efficiency of technological machines.*

**Methodology:** *the article used methods of computational mathematics, theory of experimental planning, methods of technical and economic calculations in technology.*

**Results:** *defined a step-by-step and structured method of increasing the efficiency of using the machine.*

**Practical implications:** *the results obtained can be applied to transport, construction and other enterprises, in the process of which technological machines are used.*

**Keywords:** *transport and technological machines; technological efficiency; economic efficiency; methodology.*

Методику повышения эффективности технологических машин, по мнению авторов, можно представить в семь основных этапов:

1. Анализ эксплуатационных характеристик, оценка оставшегося срока полезного использования, определение недостатков имеющегося технологического оборудования
2. Разработка мероприятий по повышению эффективности деятельности машины.
3. Расчет основных параметров машины.
4. Разработка алгоритма работы внедряемого мероприятия.

5. Расчет основных параметров машины при внедрении предлагаемого мероприятия.
6. Построение интерактивной (или вещественной) модели работы машин и оборудования с внедряемым мероприятием и анализ результатов
7. Расчет экономической эффективности мероприятия

Эти этапы представляются наиболее оптимальными, так как включают в себе: исследование достоинств и недостатков машины, ее эксплуатационные характеристики, возможные способы повышения ее эффективности, опытно-конструкторские работы и расчет экономической эффективности для подтверждения необходимости внедрения мероприятия.

Подтвердим необходимость и удобство использования данной методики для повышения эффективности технологических машин на примере повышения эффективности деятельности погрузчика 2ПНБ–2.

Поэтапно рассмотрим выбранную модель и ее характеристики.

#### **Анализ эксплуатационных характеристик и оценка оставшегося срока полезного использования**

Любая техника имеет срок службы, так как в процессе работы происходит износ деталей и снижается эффективность деятельности оборудования.

Для оценки необходимости повышения эффективности деятельности машин необходимо провести анализ эксплуатации техники и вычислить срок полезного использования оборудования. Одной из основных причин раннего снижения эффективности работы оборудования является анализ показателей продолжительности использования техники, без учета остальных. Такой подход в корне неверен и не отражает степень загрузки машины, которая также влияет на ее деятельность [1].

При анализе эксплуатации машины 2ПНБ–2 был установлен существенный недостаток, такой как отсутствие ручного управления подачей машины на штабель, в результате которого: глубина

внедрения питателя имеет случайный характер, происходят регулярные перевнедрения выше допустимого значения – величины диаметра ведущего диска; при перевнедрении при обратном ходе лапы происходит сбрасывание материала с плиты питателя. В результате этого происходит потеря производительности; попадание породы под ходовой движитель; резкое увеличение динамических нагрузок в рабочем органе, трансмиссии и двигателе из-за высокой скорости движения лапы на обратном ходе; нагрузки приводных двигателей, крутящие моменты на валах ведущих дисков превышают допустимые; происходит неправомерное увеличение частоты включений в погоне за высокой производительностью; наблюдается повышенный износ трансмиссии нагребующих лап и ходовой части.

Если срок полезного использования не истек и оставшееся время работы составляет более 1 года, то при выявлении проблем наиболее оптимальным решением будет их устранение, а не замена оборудования. Для подтверждения данного факта далее будет произведен расчет затрат на повышения эффективности использования рассматриваемой технологической машины, расчет замены оборудования и экономическая оценка предлагаемых мероприятий.

### **Разработка мероприятий по повышению эффективности деятельности машин**

Совершенствование технологических процессов, обеспечивающих эксплуатацию транспортно-технологических машин в исправном состоянии реализуется методами модернизации производственных процессов. На основании выявленных проблем необходимо разработать актуальный и наименее затратный метод их устранения.

В рассматриваемом случае наиболее эффективным решением является разработка системы управления модельной установки для обеспечения не управления механизма подачи в ручном и автоматическом виде.

Принцип действия схемы автоматической прерывистой подачи основан на изменении токовой нагрузки двигателей нагребавшей части в зависимости от степени нагруженности исполнительного органа [2].

Предлагаемая система автоматизации состоит из задатчиков верхнего и нижнего уровней загрузки исполнительного органа, датчиков, фиксирующих степень нагруженности двигателей, системы преобразования полученных аналоговых сигналов, подсистемы сравнения требуемых параметров процесса погрузки с полученными значениями; системы преобразования и усиления цифровых сигналов, подсистемы управления обмотками ЭГЗ.

В задатчике устанавливаются расчетные верхний и нижний уровни загрузки исполнительного органа. При работе двигателя нагребавшей части степень загрузки фиксируется датчиками. Если нагрузка равна или ниже установленного нижнего уровня, блок управления переключает электрогидрозолотник в рабочее положение, при котором рабочая жидкость поступает в гидроцилиндр подачи и машина получает движение вперед. Глубина внедрения увеличивается, нагрузка на исполнительном органе возрастает, и когда она достигает верхнего уровня, блок управления переключает золотники в нейтральное положение, и подача прекращается. Затем цикл повторяется.

### **Расчет основных параметров машины**

Основной областью применения погрузочных машин 2ПНБ–2 является погрузка горной массы размером куска не более 500 мм при ведении проходческих работ буровзрывным способом. При проведении модельных исследований, в качестве погружаемого материала принят песчаник крепостью 10 единиц по шкале М.М. Протодьяконова [3].

Для определения технологических характеристик проводится диагностика транспортно-технологической машины для определения технического состояния машины без проведения разорочных работ [4].



вую, энергетическую регламентацию, требования к допустимой компоновке рабочего органа и машины, предельные значения скоростей отдельных точек механизма и некоторые другие. Перечисленные ограничения образуют функциональную группу; отдельно формируются числовые ограничения.

Раскрытие алгоритма работы внедряемого мероприятия позволяет определить какие параметры машины в внедрённом мероприятием стоит изучить для адекватной оценки мероприятия.

Полный алгоритм осуществляет управление механизмом подачи с настройками и защитами системы от перегрузок:

- по максимальному моменту (току) двигателей нагребавших лап;
- по нагреву ДНЧ;
- по частоте включений механизма подачи;
- по уровню производительности машины.

Режим работы погрузочной машины характеризуется четырьмя показателями: потребляемым суммарным током электродвигателей нагребавшей части, эквивалентным током, количеством подач машины на штабель и производительностью.

Рассматриваемая система относится к однофункциональной системе, задачей которой является уборка горной массы в течение интервала времени  $0 < t < t_{пр}$ , где  $t_{пр}$  – время работы, предусмотренное затрачиваемое на уборку штабеля одной заходки. В работе принимаем в качестве критерия времени один оборот ведущего диска.

Режим находится в допустимых пределах, если значения, полученные и преобразованные от установленных датчиков не превышают 10% от требуемых. Для автоматизации расчетов и построения графических зависимостей использовались пакет прикладных программ Mathcad, Visual Basic, Microsoft Excel.

### **Расчет основных параметров машины при внедрении предлагаемого мероприятия**

Исследуются основные параметры машины, на которые влияет внедрение мероприятия:



- производительность машин ПНБ по фактору допустимой длительной нагрузки двигателя нагребающей части
- производительность машин ПНБ по фактору максимально допустимой нагрузки двигателя нагребающей части
- производительность машин ПНБ по фактору максимального напорного усилия
- ограничение по допустимой геометрической компоновке механизма нагребания

### **Построение интерактивной (или вещественной) модели работы машин и оборудования с внедряемым мероприятием и анализ результатов**

Исследование влияния различных факторов на параметры процесса погрузки горной массы осуществляется на основе разработанной математической имитационной модели, в которую входит компьютерная программа, построенная на закономерностях формирования производительности и нагрузок в рабочих органах погрузочной машины 2ПНБ–2 и алгоритма. Программа была разработана с помощью языка Visual Basic, версия компилятора Microsoft Visual Basic 6.0.

Программа включает в себя два модуля:

- модуль управления (рисунок 2), осуществляющий логическую обработку данных, поступающих с датчиков, и управление машиной (моделью машины) в зависимости от текущих условий процесса погрузки;
- модуль имитации функционирования машины (модель машины). Эта часть программы осуществляет эмуляцию работы датчиков и модели машины. Визуализация происходящих расчетов обеспечивается построением графиков усилий на рабочих органах погрузочной части с учетом высокочастотной составляющей, формирования производительности процесса погрузки, изменения уровней настройки задатчиков верхнего и нижнего уровня, а также выводом на экран текущих расчетных значений и необходимой текстовой информации (рисунок 3).

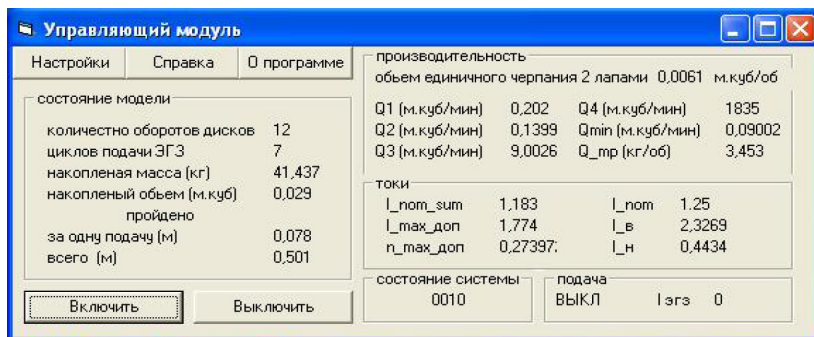


Рис. 2. Вид панели модуля управления процессом подачи

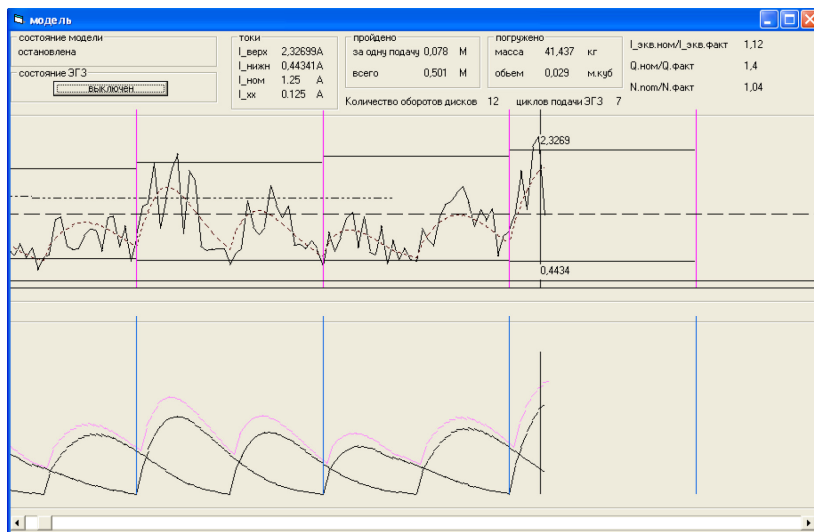


Рис. 3. Имитация параметров процесса погрузки

Построение интерактивной модели или модельной установки необходимо для проверки работоспособности внедряемых мероприятий.

Процесс моделирования ограничивается суммарным перемещением машины относительно штабеля, обусловленным длиной выдвигания штоков гидроцилиндров модельной установки, принятая в имитационной модели величина в среднем равна 0,5 м.

На основании условия реальности временного процесса погрузки один оборот ведущего диска принимается равным 1,6 секунды. Каждая синяя линия отсечки оборота на панели «модель», соответствует этому временному интервалу.

На основании анализа результатов проведенного эксперимента установлено, что применение разработанной системы автоматического управления подачей машины 2ПНБ–2 при погрузке горной массы увеличивает производительность в среднем на 29,6%, запас по перегреву двигателя составляет 14,6%, что повышает надежность узлов и агрегатов машины, что в целом обеспечивает повышение эффективности эксплуатации шахтных погрузочных машин непрерывного действия.

### **Расчет экономической эффективности внедрения выбранного мероприятия**

Расчет экономической эффективности состоит из расчета затрат на опытно-конструкторские работы, расчет затрат на внедрение мероприятий и сравнение экономической эффективности исходного оборудования и оборудования с улучшениями.

Произведем расчет экономической эффективности внедрения мероприятия. Затраты на опытно-конструкторские работы определим на основе отчетной финансовой документации и фактических затрат и представим в виде таблицы 1.

*Таблица 1.*

#### **Затраты на опытно-конструкторские работы**

№	Наименование статьи затрат	Стоимость, руб.
1	Разработка проекта модельной установки	300 000
2	Стоимость изготовления механической части модельной установки	500 000
3	Стоимость монтажа модельной установки	75 000
4	Приобретение комплектующих изделий, в т.ч.	
	– маслостанция	772 780
	– мотор–редуктор, 2 шт.	35 000
	– гидрораспределитель, 2 шт.	260 000
	– гидроцилиндр, 2 шт.	52 150

Окончание табл. 1.

	– система измерений (крейговая система)	55 570
5	Стоимость разработки программного продукта	3 000
	Итого	2 053 500

Затраты на проведение ОКР являются разовыми, и соответственно полностью ложатся на стоимость продукции, выпущенной за определенный промежуток времени (по данным изготовителя).

Произведем сравнение основных показателей экономической эффективности 2ПНБ–2 с внедренным мероприятием и исходной машины.

Таблица 2.

Расчет экономической эффективности вариантов

Наименование показателей	Ручное управление	Автомат	Сравнение, ±
Объем прохождения выработки за год, м.	1 440	2 136	696
Среднемесячные темпы прохождения, м	120	178	58
Капитальные вложения, руб.	29 768 173	29 282 173	– 486 000
Эксплуатационные затраты при проходке на год, руб.	64 607 088	65 080 068	472 980
Себестоимость 1 метра выработки, руб.	44 866	30 468	– 14 398

Годовой экономический эффект от снижения технологических затрат при внедрении комплекса СГПМ:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = ((C_6 - C_n) - E_n * (K_n - K_6)) * L$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = ((44\,866 - 30\,468) - 0,15 * \left( \frac{29\,282\,173}{12\,178} - \frac{29\,768\,173}{12\,120} \right)) * 2\,136$$

$$= 32\,985\,394 \text{ руб./год}$$

где:

$C_6$  – себестоимость 1 м выработки при использовании комплекта машин, руб./м;

$C_n$  – себестоимость 1 м выработки при использовании комплекса СГПМ, руб./м;

$E_n$  – норма дохода на капитал;

$K_n$  – капитальные вложения на 1 м выработки при использовании комплекса СГПМ, руб./м;

$K_6$  – капитальные вложения на 1 м выработки при использовании комплекта машин, руб./м;

$L$  – объем прохождения выработки за год комплексом СГПМ, м.

Следующим этапом является сравнение стоимости демонтажа старого оборудования, покупки и установки нового и стоимости проведения ОКР и внедрения мероприятия. Таким образом выявляется наиболее оптимальный вариант повышения эффективности технологической машины на производстве.

### **Вывод**

На примере повышения эффективности 2ПНБ-2 было доказано, что предложенная методика удобна, эффективна и оптимальна для использования не только на исследуемой модели, но и на других транспортно-технологических машинах.

Так же, можно убедиться, что внедрение автоматизированных систем управления способствует уменьшению непроизводительных расходов сырья, к тому же происходит увеличение качества продукции за счет точного регулирования параметров технологического процесса.

### ***Список литературы***

1. Иванов В.Н. Совершенствование системы измерения наработки строительных и дорожных машин / В.Н. Иванов, Р.Ф. Салихов, Т.М. Чудова // Вестник СибАДИ, выпуск 6 (34), 2013. С. 15–19.
2. Электропривод: Учебное пособие / сост. С. В. Петухов, М.В. Кришьянис. Архангельск: С(А)ФУ, 2015. 303 с.
3. System of Calculations: Mine, технический онлайн-сервис [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://soc-mine.ru/article/krepost-porod.php>
4. Маслеников А.С. Параметры, определяющие техническое состояние транспортно-технологических машин // Направления развития технического сервиса: Материалы внутривузовской студенческой научно-практической конференции в формате online. Выпуск 2 / Науч. редактор Г.А. Иовлев; технический редактор Голдина И.И. Екатеринбург: Уральский ГАУ, 2020. С. 44–48.

5. Носенко С.И. Погрузочные машины с гидравлическими приводами: монография / С.И. Носенко, А.С. Носенко. Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2002. 205 с.
6. Родионов Г.В. Основные закономерности при взаимодействии ковша со штабелем насыпного груза / Г.В. Родионов, П.А. Михерев // Вопросы механизации погрузки скальных пород: сб. тр. / ГГИ ЗСФ АН СССР. Новосибирск, 1957. № 19. С. 7–18.
7. Основные положения методики расчета производительности, мощности двигателей и динамических нагрузок в трансмиссиях рабочих органов погрузочных машин с парными нагребными лапами / Е. А. Крисаченко, В.А. Турушин и др. // Исследования погрузочных машин, транспортных установок и вопросы их расчета: сб. науч. тр. / НПИ. Новочеркасск, 1970. Т. 214. С. 127–134.
8. Кулешов Н.В., Шапошников Ю.А. Совершенствование методов обеспечения работоспособного состояния транспортно-технологических машин // Наука и молодежь [Электронный ресурс]: материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (01–05 июня 2020 года, г. Барнаул): в 8 ч. / АлтГТУ им. И.И. Ползунова. Электрон. текстовые дан. (1 файл: 2,6 МБ). Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2020. Ч. 4. Режим доступа: [https://journal.altstu.ru/konf\\_2020/2020\\_1/48/](https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/48/)
9. Еремин А.В., Чесноков М.В., Саитбатталов Р.Р. Перспективы развития автоматического управления // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика, т.1, 2017 г. С. 92–95.

### *References*

1. Ivanov V.N. , Salikhov R.F., Chudova T.M. Sovershenstvovanie sistemy izmereniya narabotki stroitel'nykh i dorozhnykh mashin [Improvement of the system for measuring the operating time of construction and road machines]. *Vestnik SibADI* [Bulletin of SibADI], issue 6 (34), 2013. P. 15–19.
2. *Elektroprivod* [Electric drive]: textbook / comp. S. V. Petukhov, M. V. Krisjanis. Arkhangelsk: S(A)FU, 2015. 303 p.
3. *System of Calculations: Mine, tekhnicheskii onlayn-servis* [System of Calculations: Mine, technical online service]. <https://soc-mine.ru/article/krepost-porod.php>

4. Maslennikov A.S. Parametry, opredelyayushchie tekhnicheskoe sostoyanie transportno-tekhnologicheskikh mashin [Parameters that determine the technical state of transport and technological machines]. *Napravleniya razvitiya tekhnicheskogo servisa: Materialy vnutrivuzovskoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii v formate online* [Directions of development of technical service: Materials of the intra-university student scientific-practical conference in the online format]. Issue 2 / Scientific. editor G.A. Iovlev; technical editor Goldina I.I. Yekaterinburg: Ural State Agrarian University, 2020. P. 44–48.
5. Nosenko S.I., Nosenko A.S. *Pogruzochnye mashiny s gidravlicheskimy privodami* [Loading machines with hydraulic drives]: monograph. Novocherkassk: YRSTU (NPI), 2002. 205 p.
6. Rodionov G.V., Mikharev P.A. Osnovnye zakonomernosti pri vzaimodeystvii kovsha so shtabelem nasypnogo gruzha [The main patterns in the interaction of a bucket with a stack of bulk cargo]. *Voprosy mekhanizatsii pogruzki skal'nykh porod: sb. tr.* [Questions of mechanization of loading rocks: collection of articles. tr.]. GGI ZSF AN SSSR. Novosibirsk, 1957. N. 19. P. 7–18.
7. Krisachenko E.A., Turushin V.A. et al. Osnovnye polozeniya metodiki rascheta proizvoditel'nosti, moshchnosti dvigateley i dinamicheskikh nagruzok v transmissiyakh rabochikh organov pogruzochnykh mashin s parnymi nagrebayushchimi lapami [The main provisions of the methodology for calculating the performance, engine power and dynamic loads in the transmissions of the working bodies of loading machines with paired shoveling paws]. *Issledovaniya pogruzochnykh mashin, transportnykh ustanovok i voprosy ikh rascheta: sb. nauch. tr.* [Research of loading machines, transport installations and questions of their calculation: collection of articles. scientific. tr.] / NPI. Novocherkassk, 1970. Vol. 214. P. 127–134.
8. Kuleshov N.V., Shaposhnikov Yu.A. Sovershenstvovanie metodov obespecheniya rabotosposobnogo sostoyaniya transportno-tekhnologicheskikh mashin [Improving the methods of ensuring the working condition of transport and technological machines]. *Nauka i molodezh' [Elektronnyy resurs]: materialy XVII Vserossiyskoy nauchno-tekhnich-*

*eskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh (01-05 iyunya 2020 goda, g. Barnaul)* [Science and Youth [Electronic resource]: materials of the XVII All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists (June 01–05, 2020, Barnaul)] / AltGTU im. I.I. Polzunov. Barnaul: AltSTU Publishing House, 2020. Part 4. [https://journal.altstu.ru/konf\\_2020/2020\\_1/48/](https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/48/)

9. Eremin A.V., Chesnokov M.V., Saitbattalov R.R. Perspektivy razvitiya avtomaticheskogo upravleniya [Prospects for the development of automatic control]. *Innovatsionnye tekhnologii: teoriya, instrumenty, praktika* [Innovative technologies: theory, tools, practice], v.1, 2017, pp. 92–95.

#### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Макеева Елена Ивановна**, доцент кафедры «Механизация и автоматизация автодорожной отрасли», кандидат экономических наук

*Шахтинский автодорожный институт (филиал) ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова*

*ул. Ленина, 1, г. Шахты, Ростовская область, 346500, Российская Федерация*

*rudena23@mail.ru*

**Ракитина Инна Сергеевна**, магистрант кафедры «Механизация и автоматизация автодорожной отрасли»

*Шахтинский автодорожный институт (филиал) ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова*

*ул. Ленина, 1, г. Шахты, Ростовская область, 346500, Российская Федерация*

*rakitina.inna@list.ru*

**Мирославская Мария Дмитриевна**, магистрант кафедры «Механизация и автоматизация автодорожной отрасли»

*Шахтинский автодорожный институт (филиал) ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова*



*1, ул. Ленина, г. Шахты, Ростовская область, 346500, Российская Федерация  
miroslavsky.marymir@gmail.com*

#### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Makeeva Elena Ivanovna**, Candidate of Economics Sciences, Assoc.,  
Assoc. department «Mechanization and automation of the road  
industry»  
*Shakhty Road Institute (branch) YRSPU (NPI) named after M.I.  
Platova  
1, Lenin Str., Shakhty, Rostov region, 346500, Russian Federation  
rudena23@mail.ru*

**Racitina Inna Sergeevna**, undergraduate of the department «Mechanization and automation of the road industry»  
*Shakhty Road Institute (branch) YRSPU (NPI) named after M.I.  
Platova  
1, Lenin Str., Shakhty, Rostov region, 346500, Russian Federation  
rakitina.inna@list.ru*

**Miroslavskaya Maria Dmitrievna**, undergraduate of the department  
«Mechanization and automation of the road industry»  
*Shakhty Road Institute (branch) YRSPU (NPI) named after M.I.  
Platova  
1, Lenin Str., Shakhty, Rostov region, 346500, Russian Federation  
miroslavsky.marymir@gmail.com*