# Грузовик

с приложением

5
2013

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

**Учредитель**
**ООО «Издательство Машиностроение»**

**Главный редактор С.Н. ПЕДЕНКО**

**Редакционный совет:**

**Д.Х. Валеев**
**В.М. Вовк**
**В.А. Волчков**
**М.С. Высоцкий**
**С.М. Гайдар**
**Л.В. Грехов**
**С.М. Захарик**
**В.А. Зорин**
**А.М. Иванов**
**Н.А. Иващенко**
**П.П. Капуста**
**В.В. Корсаков**
**Л.Г. Красневский**
**А.С. Кузнецов**
**В.Г. Мазепа**
**В.А. Марков**
**А.П. Марченко**
**Г.Н. Рейзина**
**А.Н. Ременцов**
**О.Н. Румянцева**
**Е.Л. Рыбин**
**А.Ф. Синельников**
**В.С. Устименко**
**Х.А. Фасхиев**
**Н.Д. Чайнов**

**Корпункты:**
**в Республике Беларусь (г. Минск), Я.Е. Карповский**
Тел.: (10-375-17) 214-33-71, 217-90-38
**в Украине (г. Харьков), В.Г. Дьяченко**
Тел. (10-380-572) 707-68-48

**Адрес редакции:**
107076, Москва, Стромынский пер., 4
Тел.: (499) 269-49-97
E-mail: grouzovik@mashin.ru
http://www.mashin.ru

**Адрес издательства:**
107076, Москва, Стромынский пер., 4
Тел.: (499) 268-38-58

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре. Регистрационный номер ПИ № ФС77-42764 от 26 ноября 2010 г.

**Подписной индекс:**
**по каталогу «Роспечать» 37349,**
**по объединенному каталогу «Пресса России» 39799,**
**по каталогу "Почта России" 25782**



© ООО «Издательство Машиностроение», «Грузовик», 2013

Перепечатка материалов из журнала «Грузовик» возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Грузовик» обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель

## В НОМЕРЕ:


### *Конструкция*

**2** *Степук О. Г., Семко С. Н., Зуёнок А. С., Урбанович А. С., Шестаков С. В.* Продукция холдинговой компании "БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ"

### *Исследования. Расчет*

**31** *Патрахальцев Н. Н., Никишин И. А., Петруня И. А.* Повышение экономичности режимов малых нагрузок дизеля КАМАЗ-740 путем изменения его рабочего объема

### *Практика*

**35** *Кузнецов В. А., Заболотная И. В., Смирнов А. В., Сазонов Д. А.* Технологическое обеспечение параметров макро- и микрогеометрии при выглаживании наружных цилиндрических поверхностей деталей машин

**38** *Рябов И. Н., Ханин Д. М.* Совершенствование процесса междугородной доставки молочных продуктов

### *Профессия*

**43** *Гулый В. В.* К вопросу применения энергосберегающих технологий при строительстве и эксплуатации АТП и СТО

**48** *Abstracts of articles*



***Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней***

# КОНСТРУКЦИЯ

УДК 629.113.004
**О. Г. Степук**, первый зам. генерального конструктора — главный конструктор по карьерной технике ОАО "Белорусский автомобильный завод",
**С. Н. Семко**, главный конструктор по подземной и дорожно-строительной технике НТЦ ОАО "Белорусский автомобильный завод",
**А. С. Зуёнок**, начальник конструкторского бюро компоновки НТЦ УГК ОАО "Белорусский автомобильный завод",
**А. С. Урбанович**, начальник конструкторского бюро спецтехники НТЦ УГК ОАО "Белорусский автомобильный завод",
**С. В. Шестаков** — начальник КБ грузового подвижного состава НТЦ УГК ОАО "Белорусский автомобильный завод"
E-mail: reklama@belaz.minsk.by

## ПРОДУКЦИЯ ХОЛДИНГОВОЙ КОМПАНИИ "БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ":

большегрузные карьерные самосвалы, дорожно-строительное, вспомогательное горно-транспортное оборудование и железнодорожный грузовой подвижной состав

*Рассмотрена продукция компания "БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ" (Республика Беларусь). Представлены технические характеристики тяжелой техники, выпускаемой компанией.*

***Ключевые слова:*** *карьерные самосвалы, бульдозеры, тягачи, погрузчики, топливозаправщики, транспорт для подземных работ, железнодорожные товарные вагоны.*

Холдинговая компания "БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ" является одним из крупнейших в мире производственных комплексов по выпуску тяжелых транспортно-технологических машин для обеспечения производства горнорудной и металлургической промышленности, создания крупных гидротехнических сооружений и дорожно-транспортных магистралей.

Основная продукция холдинга: карьерные самосвалы грузоподъемностью от 30 до 360 т, фронтальные колесные погрузчики и бульдозеры, тягачи-буксировщики, специальные транспортные средства для подземных работ, поливооросительные машины и топливозаправщики, шлаковозы и тяжеловозы для металлургических предприятий, аэродромные тягачи, вагоны-хопперы, полувагоны и целый ряд других наименований специализированных технологических машин.

Следуя политике постоянного повышения технического уровня, качества узлов и систем карьерных самосвалов и специальной техники с марками "БелАЗ", "МоАЗ" и "МВЗ", направленной на повышение эффективности эксплуатации карьерных машин, научно-техническим центром предприятия ведутся работы по совершенствованию серийно выпускаемой техники и созданию самосвалов нового поколения, большой производительности и высокого технического уровня.

Основной по объему производства продукцией головного предприятия холдинга являются карьерные самосвалы грузоподъемностью от 30 до 360 т.

Серийно выпускаемые на предприятии самосвалы можно разделить на два вида: с гидромеханической и электромеханической трансмиссией.

С гидромеханической трансмиссией выпускаются самосвалы классов грузоподъемности: 30, 45, 55—60 и 90 т, с электромеханической, соответственно: 90, 110—136, 180—220, 240 и 320—360 т.

С целью улучшения качества выпускаемой продукции, увеличения срока службы и коэффициента технической готовности белорусской карьерной техники в стандартную базовую комплектацию с 2012 г. вводятся следующие обязательные опции:

Для карьерных самосвалов грузоподъемностью 30 и 45 т — система пожаротушения с дистанционным включением, предпусковой подогреватель двигателя, централизованная система смазки, устройство сигнализации приближения к высоковольтной линии.

Для карьерных самосвалов грузоподъемностью 55, 90, 110—136, 160, 220, 240, 320—360 т — система пожаротушения СКП-М с дистанционным включением и дополнительной подсистемой в заднем мосту, предпусковой подогреватель двигателя, централизованная система смазки, устройство сигнализации приближения к высоковольтной линии, система контроля загрузки и топлива, система контроля телеметрическая для измерения давления в шинах, система видеообзора.

В каждом классе грузоподъемности выпускаются, как правило, самосвалы нескольких модификаций и исполнений в зависимости от комплектации, условий эксплуатации, а также наличия дополнительных систем по заказу потребителей.

### Самосвалы грузоподъемностью 30 тонн

Карьерные самосвалы серии БелАЗ-7540 грузоподъемностью 30 т выпускаются только на диагональных шинах размерностью 18.00-25 в камерном варианте. В зависимости от комплектации различными дизельными двигателями, ГМП и платформами подразделяются на ряд модификаций. Каждая модификация, в свою очередь, имеет несколько исполнений: по заказу потребителей машины комплектуются дополнительными системами, агрегатами и узлами.

**Карьерный самосвал БелАЗ-7540К**

Совершенствование конструкции самосвалов ведется согласно программе мероприятий по качеству с учетом проведения унификации по основным системам между машинами различных классов.

В последнее время в данном классе грузоподъемности на заводе разработаны и поставлены на серийное производство карьерный самосвал БелАЗ-7540К с более совершенным дизелем QSM11-C мощностью 298 кВт, который соответствует требованиям экологичности Tier3 и БелАЗ-7540С с новым двигателем Д-280 с центральной крыльчаткой и охлаждением наддувочного воздуха, мощностью 312 кВт, который производится на Минском моторном заводе совместно с Тутаевским моторным заводом.

Основные технические характеристики карьерных самосвалов грузоподъемностью 30 т серии БелАЗ-7540:

| Самосвал карьерный | **БелАЗ-7540А** | **БелАЗ-7540В** | **БелАЗ-7540С** | **БелАЗ-7540D** | **БелАЗ-7540Е** | **БелАЗ-7540К** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 30 | | | | | |
| Модель двигателя | ЯМЗ 240ПМ2 | ЯМЗ 240М2-1 | ММЗ Д-280 | BF8 M1015 | ЯМЗ 240М2-1 | QSM11-C |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 309 (420) | 265 (360) | 312,5 (425) | 290 (395) | 265 (360) | 298(405) |
| Максимальный крутящий момент, Нм/об/мин | 1491/1600 | 1275/1600 | 1913/1500 | 1835/1300 | 1275/1600 | 1898/1400 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВт ч | 228 | 230 | 225 | 247 | 230 | 229 |
| Уровень выбросов отработавших газов двигателя в соответствии с EPA | — | — | Tier 1 | — | — | Tier 3 |
| Гидромеханическая трансмиссия, количество передач | ГМП (5 + 2) | ГМП (3 + 1) | ГМП (5 + 2) | ГМП (5 + 2) | ГМП (3 + 1) | ГМП (5 + 2) |
| Геометрический объем кузова, $м^3$ | 15 | 15 | 15 | 15 | 24,6 | 15 |
| Объем кузова с "шапкой" 2:1 | 19,2 | 19,2 | 19,2 | 19,2 | 28,1 | 19,2 |

*Продолжение*

| | |
|---|---|
| Радиус поворота, м | 10,2 |
| Масса эксплуатационная, кг | 22 600 (комплектация в базовом исполнении) |
| Масса полная, кг | 52 600 |
| Максимальная скорость, км/ч | 50 |

Специалисты предприятия постоянно работают над совершенствованием узлов и систем самосвала данной грузоподъемности, устраняя выявляемые в эксплуатации недостатки, с целью повышения технического уровня и конкурентоспособности продукции. По техническим требованиям потребителей создаются новые исполнения, дорабатывается конструкция отдельных систем.

Специалистами предприятия создан карьерный самосвал БелАЗ-75440 грузоподъемностью 32 т. Опытный его образец проходит комплекс испытаний.

### Самосвалы грузоподъемностью 45 тонн

В классе самосвалов серии БелАЗ-7547 грузоподъемностью 45 т выпускается несколько модификаций с дизельными двигателями производства разных фирм и платформами различной емкости. Каждая модификация самосвала имеет свои исполнения. Это обусловлено как различными климатическими условиями их эксплуатации, так и комплектацией по заказу потребителей, в том числе с установкой дополнительных систем и агрегатов. Все модификации в основном комплектуются бескамерными шинами размерности 21.00-35 диагональной конструкции, а также по заказу могут комплектоваться шинами 21.00R35 радиальной конструкции. Каждая модификация, в свою очередь, имеет различные исполнения: по заказу потребителей машины комплектуются дополнительными системами и альтернативными агрегатами и узлами, в том числе системой многодисковых маслоохлаждаемых тормозов, вариантом системы охлаждения дизеля с четырехрядными радиаторами и центральной крыльчаткой, дополнительным отопителем, системой очистки воздуха в кабине и т. д.

Предусмотрены варианты самосвалов с платформами увеличенной емкости:

— платформа, геометрическая емкость 27,4 м$^3$, с шапкой 31,7 м$^3$;

— платформа с задним бортом, геометрическая емкость 28,5 м$^3$, с шапкой 33,9 м$^3$;

— платформа для перевозки легких сыпучих грузов, в том числе каменного угля, геометрической емкостью 35,9 м$^3$ с шапкой 43,3 м$^3$.

**Карьерный самосвал БелАЗ-75473**

Предусмотрена комплектация самосвалов шинами диагональной и радиальной конструкции размерностью 21.00-33 и 21.00R33.

Основные технические характеристики карьерных самосвалов серии БелАЗ-7547 грузоподъемностью 45 т:

| Самосвал карьерный | **БелАЗ-7547** | **БелАЗ-75471** | **БелАЗ-75473** |
|---|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 45 | | |
| Модель двигателя | ЯМЗ 240НМ2 | ЯМЗ 8401.10-06 | КТА 19-С |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 368 (500) | 405 (550) | 448 (600) |
| Максимальный крутящий момент, Нм/об/мин | 1815/1600 | 2220/1500 | 2237/1500 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВт ч | 224 | 223 | 219 |
| Гидромеханическая трансмиссия, количество передач | ГМП(5+2) | | |
| Геометрический объем кузова, м$^3$ | 21,5/27,4/28,5/35,9 | | |
| Объем кузова с "шапкой" 2:1 | 27,6/31,7/33,9/43,3 | | |

*Продолжение*

| | |
|---|---|
| Радиус поворота, м | 10,2 |
| Масса эксплуатационная, кг | 33 100 (комплектация в базовом исполнении) |
| Масса полная, кг | 78 100 |
| Максимальная скорость, км/ч | 50 |

Одной из последних разработок ОАО "Белорусский автомобильный завод" являются карьерные самосвалы серии БелАЗ-7545 грузоподъемностью 45 т. За основу при создании новой серии карьерных самосвалов было принято направление по совершенствованию конструкции узлов и систем, соответствию новым международным требованиям по безопасности, экологии и эргономике, а также увеличению не менее чем в 1,5 раза ресурса самосвала за счет применения новых конструктивных решений по раме, направляющему аппарату подвески, оперению, оптимизации конструкции узлов и систем с частичной унификацией с самосвалами серии БелАЗ-7547.

Колесная база самосвала уменьшена с 4200 мм до 4000 мм, что позволило повысить маневренность машины за счет уменьшения радиуса поворота с 10,2 до 9 м. Применение топливного и масляного баков унифицированных с БелАЗ-7555 позволяет увеличить время работы самосвала без дозаправки до 20 ч, в конструкции применяется два теплообменника повышенной эффективности для охлаждения масла ГМП и ММОТ, что позволяет использовать самосвал в самых тяжелых условиях. Применен дисковый стояночный тормоз вместо барабанного, что обеспечивает лучшее обслуживание тормоза, снижение нагрузок на подшипники главной передачи.

В классе самосвалов серии БелАЗ-7545 грузоподъемностью 45 т выпускается несколько модификаций с различными дизельными двигателями. Система охлаждения дизеля выполнена в комплектации с четырехрядными радиаторами и центральной отключаемой крыльчаткой, для обеспечения работы в различных климатических условиях. Система многодисковых маслоохлаждаемых тормозов позволяет самосвалу работать в сложных дорожных условиях, в том числе при организации технологического цикла с грузом "вниз". Каждая модификация самосвала имеет свои исполнения. Это обусловлено как различными климатическими условиями эксплуатации, так и комплектацией по заказу потребителей. Все модификации комплектуются бескамерными шинами размерности 21.00-35 диагональной конструкции. По заказу потребителей предусмотрена установка радиальных шин 21.00R35. В стандартную комплектацию входит предпусковой подогреватель двигателя, система пожаротушения с дистанционным включением, централизованная система смазки, устройство сигнализации приближения к высоковольтной линии с блокировкой платформы, система контроля загрузки и топлива, отопительно-кондиционерный блок.

Каждая модификация, в свою очередь, имеет различные исполнения: по заказу потребителей машины комплектуются дополнительными системами и альтернативными агрегатами и узлами, в том числе сухими дисковыми тормозами, дополнительным отопителем, системой очистки воздуха в кабине и т. д.

Основные технические характеристикт карьерных самосвалов серии БелАЗ-7545 грузоподъемностью 45 т:

| Самосвал карьерный | **БелАЗ-75450** | **БелАЗ-75453** |
|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 45 | |
| Модель двигателя | QSX15-C | KTA19-C |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 448 (600) | 448 (600) |
| Максимальный крутящий момент, Нм/об/мин | 2779/1400 | 2237/1550 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВт ч | 209 | 219 |
| Уровень выбросов отработавших газов двигателя в соответствии с EPA | Tier 3 | Tier 1 |
| Гидромеханическая трансмиссия, количество передач | ГМП(5+2) | |
| Геометрический объем кузова, $м^3$ | 21,5 | |
| Объем кузова с "шапкой" 2:1 | 27,7 | |
| Радиус поворота, м | 9 | |
| Масса эксплуатационная, кг | 35 000 (комплектация в базовом исполнении) | |
| Масса полная, кг | 80 000 | |
| Максимальная скорость, км/ч | 55 | |

## Самосвалы грузоподъемностью 55—60 тонн

### Карьерный самосвал БелАЗ-7555B

За последние годы заводом проведено совершенствование конструкции ряда узлов и систем самосвала по рекомендациям эксплуатирующих организаций, очень активно начавших эксплуатацию новых машин.

В настоящее время самосвалы данного класса выпускаются для разных условий эксплуатации в основном на шинах диагональной конструкции размерности 24.00-35, но по заказу потребителей они комплектуются и радиальными шинами 24.00R35, что повышает эксплутационные качества и производительность. Модификация БелАЗ-7555D предназначена для транспортировки легких сыпучих грузов и каменного угля.

Заводом создана модификация самосвала БелАЗ-7555E на шинах радиальной конструкции 24.00R35 грузоподъемностью 60 тонн. Соответственно усилены несущие конструкции и узлы трансмиссии самосвала с учетом увеличения грузоподъемности и комплектации его более мощным перспективным дизельным двигателем новой серии QSK19-C, который соответствует требованиям экологичности Tier1. Грузоподъемность в приведенном выше интервале будет устанавливаться заводом в зависимости от условий эксплуатации и комплектации самосвала. Все карьерные самосвалы серии БелАЗ-7555 могут комплектоваться с многодисковыми маслоохлаждаемыми тормозами задних колес. Многодисковые маслоохлаждаемые тормозные механизмы позволяют на 10...20 % увеличить среднетехническую скорость при движении под уклон и уменьшить время срабатывания тормозных механизмов в 4—5 раз. При этом увеличивается номинальный тормозной момент рабочего и вспомогательного тормозов.

Карьерный самосвал БелАЗ-7555F комплектуется дизелем QSK19-C, который соответствует требованиям безопасности по выбросам отработавших газов EPA класса Tier3.

Конструкция карьерных самосвалов серии БелАЗ-7555 постоянно совершенствуется. Так, с целью увеличения ресурса проведена модернизация рамы, в зоне третьей поперечины были введены литые фланцы. Это позволило заменить угловое соединение поперечины с лонжероном на стыковое. Трубчатую заднюю поперечину заменили на сварную кессонную конструкцию из листового проката.

Для исключения поломок карданного вала привода ГМП, совместно с немецкой фирмой "Stromag", разработана конструкция упругой муфты уменьшенной жесткости.

Для улучшения условий эксплуатации и диагностики ГМП внедрена автоматическая система управления и диагностики (САУ ГМП), что позволило значительно сократить время на ТО и ТР, повысить эксплуатационные характеристики машины, увеличить ресурс и надежность за счет поддержания оптимальных рабочих режимов, освободить водителя от ручного переключения передач, исключить человеческий фактор при выборе и переключении передач.

Основные технические характеристикт карьерных самосвалов серии БелАЗ-7555 грузоподъемностью 55—60 т:

| Самосвал карьерный | БелАЗ-7555B | БелАЗ-7555D | БелАЗ-7555E | БелАЗ-7555F |
|---|---|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 55 | | 60 | 55 |
| Модель двигателя | KTTA19-C | KTTA19-C | QSK19-C | QSK19-C |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 522 (700) | 522(700) | 559 (750) | 522 (700) |
| Максимальный крутящий момент Нм/об/мин | 2731/1400 | 2731/1400 | 3084/1300 | 2983/1500 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВтч | 209 | 209 | 211 | 226 |
| Уровень выбросов отработавших газов двигателя в соответствии с EPA | — | — | Tier 1 | Tier 3 |
| Гидромеханическая трансмиссия, количество передач | ГМП(6+1) | | | |
| Геометрический объем кузова, м$^3$ | 22,7/50,0/28,0/22,3 | | | |
| Объем кузова с "шапкой" 2:1 | 33,3/57,9/37,3/35,3 | | | |
| Радиус поворота, м | 9 | | | |
| Масса эксплуатационная, кг | 40 500 | 41 500 | 44 100 | 40 500 |
| | (комплектация в базовом исполнении) | | | |
| Масса полная, кг | 95 500 | 96 500 | 104 100 | 95 500 |
| Максимальная скорость, км/ч | 55 | | | |

### Самосвалы грузоподъемностью 90 тонн

С целью расширения типоразмерного ряда в производство внедрена новая серия карьерных самосвалов БелАЗ-7557 грузоподъемностью 90 т. Они разрабатывались как машины высокого технического уровня нового класса грузоподъемности на шинах радиального типа 27.00R49 или диагональных шинах 31/90-49 с гидромеханической трансмиссией планетарного типа с автоматическим управлением. В конструкции применяются сухие дисковые тормоза передних колес и многодисковые охлаждаемые маслом тормоза задних колес (ММОТ) с отдельной системой охлаждения. Система ММОТ задних колес является эффективным тормозом-замедлителем, обеспечивающим движение самосвала с грузом под уклон в требуемом диапазоне скоростей.

В данный момент серийно изготавливается БелАЗ-75570 с дизельным двигателем QST30-C мощностью 783 кВт фирмы Cummins и ГМП серии H8610 фирмы Allison. Опытная партия карьерных самосвалов БелАЗ-75571 с гидромеханической передачей производства БелАЗ проходит эксплуатационные испытания. Одновременно ведутся работы по отработке конструкции и подготовке производства трансмиссии собственного производства.

Основные технические характеристики карьерных самосвалов серии БелАЗ-7557 грузоподъемностью 90 т:

| Самосвал карьерный | **БелАЗ-75570** | **БелАЗ-75571** |
|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 90 | |
| Модель двигателя | QST30-C | |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 783 (1050) | |
| Максимальный крутящий момент, Нм/об/мин | 4630/1300 | |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВтч | 207 | |
| Гидромеханическая трансмиссия, количество передач, производитель | ГМП (6 + 1) Allison | ГМП (6 + 1) БелАЗ |
| Геометрический объем кузова, м$^3$ | 37,7; 44,5; 75,0 | |
| Объем кузова с "шапкой" 2:1 | 53,3; 60,0; 93,0 | |
| Радиус поворота, м | 11 | |
| Масса эксплуатационная, кг | 74 000 (комплектация в базовом исполнении) | |
| Масса полная, кг | 164 000 | |
| Максимальная скорость, км/ч | 60 | |

**Карьерный самосвал БелАЗ-75570**

По результатам эксплуатации карьерных самосвалов БелАЗ-75570 в Боснии и Герцеговине, Казахстане, Армении и России внедрен ряд конструктивных улучшений.

Для улучшения условий работы водителя установлена кабина повышенной комфортабельности и электронная панель приборов. Это в сочетании с электронной системой управления и диагностики гидромеханической коробкой передач позволяет на базе компьютерных технологий в оптимальном режиме следить за состоянием и работой систем самосвала. Проведена модернизация многодисковых маслоохлаждаемых тормозов: внедрены термофиксированные диски, усилены крышка и обод. Проведены мероприятия по улучшению заднего моста: в колесных передачах доработана конструкция внутреннего и наружного упоров полуосей, повышена точность изготовления для уменьшения осевых нагрузок на полуоси, доработана технология изготовления коронных шестерен с целью их упрочнения, усилено крепление фиксаторов коронной шестерни в колесных передачах, доработана технология нарезки и регулировки пятна контакта главной передачи, доработаны маслоуловитель и система смазки дифференциалов, повышена износостойкость дистанционных втулок подшипников ведущей шестерни главной передачи, введены манжеты ведущего фланца главной передачи производства фирмы SKF. В главной передаче повышены требования к посадочным диаметрам подшипников ведущей шестерни, усилены болты крепления карданного вала к упругой муфте, повышены требования к взаимному расположению посадочных диаметров картера ведущего моста, поднят уровень масла в ведущем мосту (в главной

передаче и колесном редукторе), установлены модернизированные стояночные тормозные механизмы, внедрен современный осушитель с адсорбером в пневматической системе.

В настоящее время завершаются работы по созданию карьерного самосвала БелАЗ-75574 грузоподъемностью 90 т с двигателем MTU12V2000 (Tier 4i) и гидромеханической коробкой передач "Allison".

В данном классе грузоподъемности ведутся работы по созданию карьерных самосвалов с тяговым двигателем переменного тока серии БелАЗ-7558:

— карьерный самосвал БелАЗ-75580 грузоподъемностью 90 т с двигателем QST30-C и электромеханической трансмиссией КТОЭ-90 производства ЗАО "Крона Груп";

— карьерный самосвал БелАЗ-75581 грузоподъемностью 90 т с двигателем QST30-C и электромеханической трансмиссией КТЭ-90 ОАО "Силовые машины".

Преимущество самосвалов БелАЗ-7557 с гидромеханической коробкой передач и БелАЗ-7558 с электромеханической трансмиссией наверняка оценит потребитель.

## Самосвалы грузоподъемностью 110—136 тонн

Производство самосвалов серии БелАЗ-7513 предусмотрено в различных комплектациях, в том числе по дизельным двигателям, генераторам, тяговым электрическим машинам, платформам разной вместимости, на шинах диагональной и радиальной конструкции, по типам приводов (переменно-постоянного или переменного тока), а также с различными дополнительными системами. Конструкция самосвала приспособлена для эксплуатации в различных климатических зонах.

Для повышения надежности проведены работы по усилению рамы, внедрен более надежный аксиально-поршневой насос гидравлической системы. Для улучшения условий работы водителя внедрена кабина повышенной комфортабельности и электронная панель приборов (ЭПП), которая предоставит возможность на базе компьютерных технологий следить за состоянием и работой систем самосвала, обеспечивать безопасность процесса движения. Введены ободья колес импортного производства, современный осушитель с адсорбером, система пожаротушения с дистанционным включением и автоматической системой тушения в заднем мосту. Это позволило значительно повысить пожарную безопасность. Введена модернизированная система контроля давления в шинах и усиленная передняя и задняя подвески с увеличением диаметров штоков и шаровых опор цилиндров.

**Карьерный самосвал БелАЗ-75131**

Производятся карьерные самосвалы БелАЗ-75139, БелАЗ-7513А с трансмиссией переменного тока КТЭ-136 производства "Силовые машины", БелАЗ-7513В с трансмиссией GE150AC компании General Electric, что позволит снизить эксплуатационные затраты и повысить производительность при перевозках, улучшить тягово-динамические качества и эксплуатационные характеристики в целом.

При комплектации шинами 33.00R51 радиальной конструкции грузоподъемность самосвала увеличивается до 136 т.

Заводом, совместно с потребителями, проделана большая работа по совершенствованию узлов и систем самосвала данного класса грузоподъемности, в том числе введен ряд дополнительных систем по заказу.

Основные технические характеристики карьерных самосвалов серии БелАЗ-7513 грузоподъемностью 110—136 т:

| Самосвал карьерный | **БелАЗ-75131** | **БелАЗ-75135** | **БелАЗ-75137** | **БелАЗ-7513** | **БелАЗ-75139** | **БелАЗ-7513А** | **БелАЗ-7513В** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 130—136 | 110—130 | 130—136 | 130—136 | 130—136 | 130—136 | 130—136 |
| Модель двигателя | KTA50-C | KTA38-C | MTU DD 12V4000 | QSK45-C | KTA50-C | MTU DD 12V4000 | MTU DD 12V4000 |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 1194 (1600) | 882 (1200) | 1194 (1600) | 1194 (1600) | 1194 (1600) | 1194 (1600) | 1194 (1600) |
| Максимальный крутящий момент, Нм/об/мин | 6292/1500 | 4726/1300 | 7595/1500 | 6836/1500 | 6292/1500 | 7595/1500 | 7595/1500 |

*Продолжение*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВт ч | 208 | 207 | 201 | 209 | 208 | 201 | 201 |
| Уровень выбросов отработавших газов в соответствии с EPA | — | — | Tier 1 | Tier 2 | — | Tier 1 | Tier 1 |
| Тяговый электропривод | Переменно-постоянного тока | | | Переменно-переменного тока | | | |
| Тяговый генератор | СГТ-1000, ГСН-500, ГСТ-1 | | | 5GTA22 | ГСТ-800 | 5GTA22 | ГСТ-800 |
| мощность, кВт | 1000 | | | 1078 | 800 | 1078 | 800 |
| Тяговый двигатель | ЭК-420/ЭК-590/ТЭД-6/ДП-600 | | | 5GEB-31 | ТАД-5 | 5GEB-31 | ТАД-5 |
| мощность, кВт | 420 | 590 | 520 600 | 480 | 610 | 480 | 610 |
| Объем кузова, м$^3$ | 45,5/50,1/55,0/59,6/103,8 | | | | | | |
| Объем кузова с "шапкой" 2:1 | 71,2/75,5/80,0/84,0/134,8 | | | | | | |
| Радиус поворота, м | 13 | | | | | | |
| Масса эксплуатационная, кг | 107 100 | 100 100 | 108 100 | 108 000 | 108 500 | 108 500 | 108 500 |
| | (комплектация в базовом исполнении) | | | | | | |
| Масса полная, кг | 243 100 | 230 100 | 244 100 | 244 000 | 244 500 | 244 500 | 244 500 |
| Максимальная скорость, км/ч | 48 | | | 64 | 60 | 64 | 60 |

## Самосвалы грузоподъемностью 160 тонн

### Карьерный самосвал БелАЗ-75170

С целью дифференциации типоразмерного ряда по грузоподъемности для более полного удовлетворения потребителей внедрены в производство карьерные самосвалы серии БелАЗ-7517 грузоподъемностью 160 т на шинах 36.00R51.

В конструкции самосвалов БелАЗ-7517 применены новые конструкторские и технические решения по целому ряду разрабатываемых узлов, силовых элементов и систем. Для улучшения эксплуатационной надежности самосвала рама машины усилена за счет применения литых элементов в зоне второй и третьей поперечины. Принятая схема направляющего аппарата подвески снижает силу сухого трения по сравнению с самосвалами-аналогами в 2—4 раза, обеспечивает хорошую плавность хода и, соответственно, минимальную динамическую нагруженность на водителя и узлы самосвала. Использование шаровых опор в цилиндрах подвески снижает трудоемкость и себестоимость ремонта. Теперь требуется замена только вкладышей вместо шарнирных подшипников в сборе и не нужен демонтаж пальца подшипника, трудоемкость замены которого значительно вырастает в случае его износа.

Карьерные самосвалы серии БелАЗ-7517 могут комплектоваться трансмиссией переменно-постоянного или переменного тока.

В самосвале с электрической трансмиссией не требуется переключение передач. Сила тока и напряжение, подводимые к тяговому электродвигателю, определяют крутящий момент и скорость движения самосвала, обеспечивая плавное изменение мощности при движении. Алгоритм системы управления оптимизирует параметры системы привода.

Редуктор мотор-колеса выполнен по классической БелАЗовской схеме, но при этом максимально использовано пространство внутри обода колеса, что позволило вынести второй ряд редуктора наружу. Это уменьшает нагрузки на подшипники за счет равномерного распределения усилий. Уменьшены диаметры манжет, что уменьшает стоимость и увеличивает ресурс редуктора.

По результатам эксплуатации опытно-промышленной партии самосвалов проведен ряд конструктивных улучшений.

Внедрена кабина повышенной комфортабельности, электронная панель приборов (ЭПП), которая предоставит возможность на базе компьютерных технологий следить за состоянием и работой систем самосвала, обеспечивать безопасность процесса движения, современный осушитель с адсорбером, внедрена система пожаротушения СКП-М с дистанционным включением с автоматической системой тушения в заднем мосту, что позволило значительно повысить пожарную безопасность машин,

введены модернизированная система контроля давления в шинах, профильная модификации зубьев солнечных шестерен и сателлитов редукторов мотор-колес.

Освоено производство карьерных самосвалов БелАЗ-75173, БелАЗ-75174 с трансмиссией переменного тока КТЭ-160 производства "Силовые машины", что позволит снизить эксплуатационные затраты и повысить производительность при перевозках, улучшить тягово-динамические качества и другие эксплуатационные характеристики самосвалов.

Основные технические характеристики карьерных самосвалов серии БелАЗ-7517 грузоподъемностью 160 т:

| Самосвал карьерный | **БелАЗ-75170** | **БелАЗ-75172** | **БелАЗ-75173** | **БелАЗ-75174** |
|---|---|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 160 | | | |
| Модель двигателя | QSK45-C | MTU DD12V4000 | QSK45-C | MTU DD12V4000 |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) при 1900 мин$^{-1}$ | 1491(2000) | 1400(1875) | 1491(2000) | 1400(1875) |
| Максимальный крутящий момент, Нм/об/мин | 7871/1500 | 7610/1500 | 7871/1500 | 7610/1500 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВтч | 209 | 201 | 209 | 201 |
| Уровень выбросов отработавших газов в соответствии с EPA | Tier 2 | Tier 1 | Tier 2 | Tier 1 |
| Тяговый электропривод | Переменно-постоянного тока | | Переменно-переменного тока | |
| Тяговый генератор | СГТ1400-8/ГСТ-1600 | | ГСТ1600-8 | |
| мощность, кВт | 1600 | | 1600 | |
| Тяговый двигатель | ЭК-590 | | ТАД-5 | |
| мощность, кВт | 590 | | 610 | |
| Вместимость кузова, м$^3$ | | | | |
| геометрическая | 65,6 | | | |
| с "шапкой" 2:1 | 96,5 | | | |
| Радиус поворота, м | 14 | | | |
| Масса эксплуатационная, кг | 134 000 (комплектация в базовом исполнении) | | | |
| Масса полная, кг | 294 000 | | | |
| Максимальная скорость, км/ч | 48 | | 60 | |

### Самосвалы грузоподъемностью 220 тонн

Карьерные самосвалы серии БелАЗ-7530 изготавливаются в различных комплектациях, в том числе по дизельным двигателям, генераторам, тяговым электрическим машинам, платформам разной вместимости, по типам приводов (переменно-постоянного тока или переменного тока), а также с различными дополнительными системами. Потребителю предлагается комплектация шинами диагональной конструкции размерностью 46/90-57. Конструкция самосвала приспособлена для эксплуатации в различных климатических зонах.

Для улучшения показателей надежности проведены работы по усилению рамы, внедрен более надежный аксиально-поршневой насос гидравлической системы. Для улучшения условий работы водителя внедрена кабина повышенной комфортабельности и электронная панель приборов (ЭПП), которая позволяет на базе компьютерных технологий следить за состоянием и работой систем самосвала, обеспечивать безопасность процесса движения. Введены ободья импортного производства, со-

**Карьерный самосвал БелАЗ-75306**

временный осушитель с адсорбером, система пожаротушения СКП-М с дистанционным включением и автоматической системой тушения в заднем мосту, что позволило значительно повысить пожарную безопасность машин, введены модернизированная система контроля давления в шинах. Повышена надежность редукторов мотор-колес, подведена смазка к крупногабаритным манжетам РМК и др.

Внедрены в производство карьерные самосвалы БелАЗ-75307, БелАЗ-75309 с трансмиссией переменного тока КТЭ-240 производства компании "Силовые машины", что позволит снизить эксплуатационные затраты и повысить производительность при перевозках, улучшить тягово-динамические качества и другие эксплуатационные характеристики самосвалов.

Заводом при участии потребителей проделана большая работа по совершенствованию узлов и систем самосвала данного класса, в том числе введен ряд дополнительных систем по заказу.

Основные технические характеристики карьерных самосвалов серии БелАЗ-7530 грузоподъемностью 220 т:

| Самосвал карьерный | **БелАЗ-75302** | **БелАЗ-75306** | **БелАЗ-75307** | **БелАЗ-75309** |
|---|---|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 220 | | | |
| Модель двигателя | MTU DD16V4000 | QSK60-C | QSK60-C | MTU DD16V4000 |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 1715(2300) | 1715(2300) | 1715(2300) | 1715(2300) |
| Максимальный крутящий момент, Нм/об/мин | 9313/1500 | 9053/1500 | 9053/1500 | 9313/1500 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВтч | 198 | 203 | 203 | 198 |
| Уровень выбросов отработавших газов в соответствии с EPA | Tier 1 | Tier 1 | Tier 1 | Tier 1 |
| Тяговый электропривод | Переменно-постоянного тока | | Переменно-переменного тока | |
| Тяговый генератор<br>мощность, кВт | СГТ1400-8 /ГСТ-1600<br>1600 | | ГСТ1600-8<br>1600 | |
| Тяговый двигатель<br>мощность, кВт | ДК-724/ЭК-735/ ЭДП-800<br>560 | | ТАД-7<br>700 | |
| Объем кузова, м$^3$ | 92,0/100,0/103,0/117 | | 89,5/81,7/102,4 | |
| Объем кузова с "шапкой" 2:1 | 130,0/138,0/141,0/147,4 | | 131,0/124,3/141,1 | |
| Радиус поворота, м | 15 | | | |
| Масса эксплуатационная, кг | 156 100 (комплектация в базовом исполнении) | | | |
| Масса полная, кг | 376 100 | | | |
| Максимальная скорость, км/ч | 43 | | 60 | |

### Самосвалы грузоподъемностью 240 тонн

Карьерные самосвалы серии БелАЗ-75310 грузоподъемностью 240 т изготавливаются только с электромеханической трансмиссией переменного тока. Алгоритм и программное обеспечение системы управления тяговым электроприводом обеспечивает управление, диагностику и контроль режимов работы машины. Применение дизельных двигателей с электронным управлением увеличенной мощностью и тяговых приводов переменного тока позволяют увеличить скоростные и тяговые характеристики самосвалов, сократить время на ТО в эксплуатации, увеличить производительность, снизить стоимость тонно-километра

**Карьерный самосвал БелАЗ-75310**

перевозимого груза и выбросы вредных веществ в атмосферу. Минимизация габаритов самосвала позволила успешно эксплуатировать его в потоке машин грузоподъемностью 200—220 т. За основу при разработке конструкции самосвала принято направление на достижение высокой надежности и ресурса не менее 900 тыс. км пробега.

Основные базовые узлы самосвала рамы, передней оси, редукторов мотор-колес подвергнуты модернизации с целью увеличения надежности и долговечности.

В настоящее время потребителю могут быть предложены самосвалы серии БелАЗ-7531 грузоподъемностью 240 т в комплектации двигателями QSK60-C и MTU DD16V4000 мощностью 2300 л. с., а также приводами GE240AC производства компании "General Electric", КТЭ-240 производства ОАО "Силовые машины", MMT260 производства компании "Siemens".

По результатам эксплуатации опытно-промышленной партии карьерных самосвалов проведено совершенствование узлов и систем самосвала данного класса грузоподъемности, в том числе введен ряд дополнительных систем по заказу.

Основные технические характеристики карьерных самосвалов серии БелАЗ-7531 грузоподъемностью 240 т:

| Самосвал карьерный | **БелАЗ-75310** | **БелАЗ-75311** | **БелАЗ-75312** | **БелАЗ-75315** |
|---|---|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 220 | | | |
| Модель двигателя | QSK60-C | MTU DD16V4000 | MTU DD16V4000 | MTU DD16V4000 |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 1715(2300) | 1715(2300) | 1715(2300) | 1715(2300) |
| Максимальный крутящий момент, Нм/об/мин | 9839/1500 | 10 150/1500 | 10 150/1500 | 10 150/1500 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВтч | 206 | 198 | 198 | 198 |
| Уровень выбросов отработавших газов в соответствии с EPA | Tier 1 | Tier 1 | Tier 1 | Tier 1 |
| Тяговый электропривод | Переменно-переменного тока | | | |
| Тяговый генератор<br>мощность, кВт | 5GTA41<br>1864 | | ГСТ1600-8<br>1600 | YJ177A<br>1865 |
| Тяговый двигатель<br>мощность, кВт | 5GEB34<br>820 | ТАД-7<br>700 | 1TB3026-0GB03<br>838 | |
| Объем кузова, м$^3$ | 102,4/89,5/81,7 | | | |
| Объем кузова с шапкой "2:1" | 141,1/131,0/124,3 | | | |
| Радиус поворота, м | 15 | | | |
| Масса эксплуатационная, кг | 161 500 (комплектация в базовом исполнении) | | | |
| Масса полная, кг | 401 500 | | | |
| Максимальная скорость, км/ч | 64 | | 60 | 64 |

## Самосвалы грузоподъемностью 320—360 тонн

### Карьерный самосвал БелАЗ-75603 грузоподъемностью 360 тонн

С целью увеличения производительности выпускаемых БелАЗом карьерных машин на предприятии освоено производство карьерных самосвалов серии БелАЗ-7560 грузоподъемностью 320—360 т. При создании самосвалов использован весь предшествующий опыт проектирования, для расчетов использовались самые современные программные продукты. Классическая колесная формула 4 × 2 в сочетании с новым направляющим аппаратом подвески и трансмиссией переменного тока обеспечивает высокую плавность хода и хорошие тягово-динамические качества самосвала, который может развивать скорость до 64 км/ч.

В конструкции использованы комплектующие узлы и агрегаты ведущих мировых производителей. Дизельные двигатели QSK78-C и MTU DD20V4000 трансмиссия с микропроцессорными системами управления, централизованная система смазки, система комбинированного пожаротушения с автоматическим управлением, система заднего и бокового видеообзора, двухместная кабина с системой безопасности "ROPS" обеспечивают высокий уровень безопасности и комфорта работы водителя, а также низкую трудоемкость технического обслуживания и ремонта.

Проведен комплекс работ для устранения замечаний, полученных при опытной эксплуатации карьерных самосвалов серии БелАЗ-7560. Доработана конструкция редуктора мотор-колеса, передней оси и платформы с целью увеличения ресурса.

В настоящее время закончены работы по внедрению карьерных самосвалов БелАЗ-75602 и БелАЗ-75603 с новой системой электропривода переменного тока ММТ400 с системой IGBT. Новая система привода позволяет улучшить тягово-динамические характеристики самосвала, при этом максимальный динамический фактор составляет 26,6 %. Выполнен комплекс работ по повышению параметров безопасности. Применена активная система видеообзора, современная светотехника, значительным доработкам подвергнута система доступа, которая теперь соответствует самым последним требованиям нормативных документов. Внедрена многофункциональная система диагностики. Все вышеизложенное позволяет обеспечить низкую трудоемкость технического обслуживания и ремонта в эксплуатации, а применение системы быстрой заправки топливом и маслами двигателя и гидросистемы позволят снизить себестоимость горно-транспортных работ.

Основные технические характеристики карьерных самосвалов серии БелАЗ-7560 грузоподъемностью 320—360 т:

| Самосвал карьерный | **БелАЗ-75600** | **БелАЗ-75601** | **БелАЗ-75602** | **БелАЗ-75603** |
|---|---|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 320 | 320-360 | 360 | |
| Модель двигателя | QSK78-C | MTU20V4000 | MTU20V4000 | QSK78-C |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 1610 (3500) | 2800 (3750) | 2800 (3750) | 1610 (3500) |
| Максимальный крутящий момент, Нм/об/мин | 13 771/1500 | 15 728/1700 | 15 728/1700 | 13 771/1500 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВтч | 201 | 199 | 199 | 201 |
| Уровень выбросов отработавших газов в соответствии с EPA | Tier 1 | Tier 1 | Tier 2 | Tier 2 |
| Тяговый электропривод | Переменно-переменного тока с системой GTO | | Переменно-переменного тока с системой IGBT | |
| Тяговый генератор<br>мощность, кВт | Kato A6X30008301<br>2536 | | YJ177B<br>2720 | |
| Тяговый двигатель<br>мощность, кВт | 1TB2830-4GA02<br>1500 | | 1TB3030-2GA03<br>1800 | |
| Объем кузова, м$^3$ | 139,0 | | 162,8 | |
| Объем кузова с "шапкой" 2:1 | 199,0 | | 218,1 | |
| Радиус поворота, м | 17,2 | | | |
| Масса эксплуатационная, кг | 250 000 | 258 000 | 261 000 | |
| | (комплектация в базовом исполнении) | | | |
| Масса полная, кг | 560 000 | 618 000 | 621 000 | |
| Максимальная скорость, км/ч | 64 | | | |

## Специализированные машины для обслуживания технологического транспорта в карьерах

### Фронтальные погрузчики БелАЗ-7822/-78221

Фронтальные погрузчики БелАЗ-7822/-78221 грузоподъемностью 10 т предназначены для механизации работ по добыче рудных и нерудных материалов, перемещения и складирования горных пород, механизации погрузочных работ при погрузке насыпных и кусковых материалов. плотностью до 1,95 т/м$^3$ в карьерные самосвалы грузоподъемностью до 55 т, железнодорожные полувагоны и другие транспортные средства с погрузочной высотой до 4 м.

**Фронтальный погрузчик БелАЗ-7822**

Погрузчики спроектированы по традиционной компоновочной схеме: шарнирно сочлененная рама шасси (угол поворота полурам ±35°), Z-образная рычажная система погрузочного оборудования, кабина оператора размещена на моторной полураме. На погрузчики устанавливаются дизели мощностью 312 кВт (БелАЗ-7822) или 360 кВт (БелАЗ-78221).

Трансмиссия включает: коробку передач (4 + 3) с гидротрансформатором; два ведущих моста, состоящих из главной передачи с дифференциалом и планетарных бортовых редукторов с цилиндрическими шестернями.

Подвеска переднего моста — жесткая, заднего — балансирная с углом качания в поперечной плоскости ±12°. Шины бескамерные, размерностью 35/65-33, давление 0,425 МПа.

Гидросистема, общая для рабочего оборудования, рулевого управления и тормозной системы; состоит из аксиально-поршневых гидронасосов, гидрораспределителей, гидроцилиндров, клапанной аппаратуры, гидравлических магистралей, бака с рабочей жидкостью и др. Давление срабатывания предохранительного клапана 23,5 МПа. Рулевое управление гидрообъемное, с усилителем потока и двумя гидроцилиндрами двойного действия.

Основные технические характеристики фронтальных погрузчиков БелАЗ-7822:

| | |
|---|---|
| Колесная формула | 4×4 |
| Вместимость ковша, м$^3$ | 6 |
| Эксплуатационная масса, т | 54 |
| Грузоподъемность, т | 10 |
| Погрузочная высота, мм | 4050 |
| Вырывное усилие ковша, кН | 350 |
| Максимальная скорость, км/ч | 38 |
| Обозначение шины | 35/65-33 |
| Время выполнения рабочих операций, с | |
| подъем груженого ковша на максимальную высоту | 8,5 |
| разгрузка ковша | 6,5 |
| опускание ковша | 5,5 |
| Габаритные размеры, мм | |
| длина | 11 640 |
| высота | 4150 |
| ширина | 3900 |
| Минимальный радиус поворота, м | 9,5 |

Дополнительное оборудование: предпусковой подогреватель двигателя, кондиционер, система централизованной смазки, защитные цепи на шины.

**Колесные бульдозеры БелАЗ-7823/-78231**

**Колесный бульдозер БелАЗ-7828/78231**

На базе шасси этого погрузчика с 1998 г. начат выпуск колесных бульдозеров. На бульдозеры устанавливаются дизели мощностью 312 кВт или 360 кВт. Машины применяются для послойной разработки и перемещения грунтов плотностью до 1,95 т/м$^3$, а также предварительно разрыхленных скальных пород и мерзлых грунтов. Благодаря шарнирно-сочлененной раме и хорошей обзорности обеспечивается высокая маневренность бульдозеров. Все эти качества делают их особенно пригодными для отвалообразования, очистки технологических дорог и площадок разгрузки карьерных самосвалов, подборке возле экскаваторов. На угольных отвалах использование колесных бульдозеров рекомендуется при больших расстояниях перемещения.

Бульдозер состоит из колесного шасси, оборудованного специальным навесным оборудованием, состоящим из отвала с ножами, толкающего устройства и системы управления отвалом.

Бульдозер может комплектоваться тремя типами отвалов: "U" (предназначен для работы с углем и легкими материалами), "SU" (предназначен для универсальных работ по перемещению различных материалов) и "S" (прямой, предназначен для работы с тяжелыми материалами).

На бульдозерах устанавливается дифференциал повышенного трения, обеспечивающий лучшие тяговые характеристики.

Основные технические характеристики колесных бульдозеров БелАЗ-7823/-78231:

| | |
|---|---|
| Колесная формула | 4 × 4 |
| Объем призмы волочения, м$^3$ | |
| отвала типа U | 13 |
| отвала типа S | 9 |
| отвала типа SU | 10 |

*Продолжение*

| | |
|---|---|
| Размеры отвала, мм | |
| ширина | 4800 |
| высота | 1470 |
| Максимальное заглубление отвала, мм | 450 |
| Максимальная высота подъема отвала, мм | 1500 |
| Основной угол резания отвала, град. | 45 |
| Угол поперечного перекоса отвала, град. | 9 |
| Угол наклона отвала, град. | 22 |
| Эксплуатационная масса, т | 50 |
| Максимальное тяговое усилие, кН | 350 |
| Скорость движения, км/ч | 3,5—32 |
| Число передач, вперед/назад | 4/4 |
| Габаритные размеры, мм | |
| длина | |
| с отвалом типа U | 10 900 |
| с отвалом типа S | 10 000 |
| с отвалом типа SU | 10 350 |
| высота | 4150 |
| ширина | 4800 |
| Минимальный радиус поворота, м | 10 |

## Специализированные машины для обслуживания технологического транспорта в карьерах

На заводе производится целая гамма тягачей-буксировщиков, которые позволяют производить буксировку неисправных карьерных самосвалов грузоподъемностью от 30 до 360 т, снаряженной массой от 20 до 260 т.

Тягач-буксировщик БелАЗ-74470 предназначается для буксировки неисправных карьерных самосвалов и других технологических машин эксплуатационной массой до 45 т в ремонтную зону по технологическим дорогам в различных климатических условиях эксплуатации. Базируется на шасси карьерного самосвала БелАЗ-7547.

Навесное буксировочное оборудование состоит из неподвижного кронштейна с направляющими, по которым при помощи двух гидроцилиндров перемещается подвижный кронштейн с захватом, балласта для увеличения нагрузки на переднюю ось, предохранительного щита с лестницей для подъема с земли, брызговиков задних колес.

Буксировщик оборудован проблесковым маяком и фарами освещения зоны предохранительного щита и зоны зацепления, ящиками для хранения технологических принадлежностей.

Для буксировки самосвалов различной грузоподъемности предусмотрено две ступени фиксации подвижного кронштейна.

### Тягач-буксировщик БелАЗ-7455В

Тягач-буксировщик БелАЗ-7455В предназначается для буксировки неисправных карьерных самосвалов и других технологических машин эксплуатационной массой до 73 т в ремонтную зону по технологическим дорогам в различных климатических условиях эксплуатации. Изготавливается на базе шасси карьерного самосвала БелАЗ-7555В.

Навесное буксировочное оборудование состоит из неподвижного кронштейна с направляющими, по которым при помощи двух гидроцилиндров перемещается подвижный кронштейн с захватами (верхний и нижний), балласта для увеличения нагрузки на переднюю ось, предохранительного щита с лестницей для подъема с земли, брызговиков задних колес.

Буксировщик оборудован проблесковым маяком и фарами освещения зоны предохранительного щита и зоны зацепления, ящиками для хранения технологических принадлежностей.

Для буксировки самосвалов различной грузоподъемности предусмотрено четыре ступени фиксации подвижного кронштейна.

### Тягач-буксировщик БелАЗ-74131

Тягач-буксировщик БелАЗ-74131 предназначается для буксировки неисправных карьерных самосвалов и других технологических машин эксплуата-

**Тягач-буксировщик БелАЗ-74470**

**Тягач-буксировщик БелАЗ-74131**

ционной массой от 70 до 150 т в ремонтную зону по технологическим дорогам в различных климатических условиях эксплуатации. Базируется на шасси карьерного самосвала БелАЗ-75131.

Навесное буксировочное оборудование состоит из неподвижного кронштейна, который посредством штанг при помощи двух гидроцилиндров перемещает подвижный кронштейн, балласта для увеличения нагрузки на переднюю ось, предохранительного щита с лестницей для подъема с земли, брызговиков задних колес. Буксировщик оборудован проблесковым маяком и фарами освещения зоны предохранительного щита и зоны зацепления, ящиками для хранения технологических принадлежностей.

Для буксировки самосвалов различной грузоподъемности предусмотрено две ступени фиксации подвижного кронштейна. Фиксация подвижного кронштейна производится из кабины водителя или выносного пульта управления. Нижняя часть подвижного кронштейна опускается на грунт. Управление — электрогидравлическое, из кабины водителя и с помощью выносного пульта управления.

### Тягач-буксировщик БелАЗ-74306

Тягач-буксировщик предназначается для буксировки неисправных карьерных самосвалов и других технологических машин эксплуатационной массой от 100 до 260 т в ремонтную зону по технологическим дорогам в различных климатических условиях эксплуатации. Базируется на шасси карьерного самосвала БелАЗ-75306.

Навесное буксировочное оборудование состоит из неподвижного кронштейна, который посредством штанг при помощи двух гидроцилиндров перемещает подвижный кронштейн со сменными захватами (верхним и нижним), балласта для увеличения нагрузки на переднюю ось; предохранительного щита с лестницей для подъема с земли и брызговиков задних колес. Буксировщик оборудован проблесковым маяком и фарами освещения зоны предохранительного щита и зоны зацепления, ящиками для хранения технологических принадлежностей.

**Тягач-буксировщик БелАЗ-74306**

Для буксировки самосвалов различной грузоподъемности предусмотрено четыре ступени фиксации подвижного кронштейна. Фиксация подвижного кронштейна производится из кабины водителя. Нижняя часть подвижного кронштейна опускается на грунт. Управление — электрогидравлическое из кабины водителя и с помощью выносного пульта.

Основные технические характеристики тягачей-буксировщиков:

| Тягач-буксировщик | **БелАЗ-74470** | **БелАЗ-7455В** | **БелАЗ-74131** | **БелАЗ-74306** |
|---|---|---|---|---|
| Масса, поднимаемая захватом, кг, не менее: | | | | |
| нижним | 21 000 | 25 000 | 50 000 | 75 000 |
| верхним | — | 40 000 | 75 000 | 92 000 |
| Модель двигателя | ЯМЗ-240НМ2 | КТТА19-С | КТА50-С | QSK60-C |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 368 (500) | 522 (700) | 1194(1600) | 1715(2300) |
| Максимальный крутящий момент, Нм/об/мин | 1813/1600 | 2731/1400 | 6305/1500 | 9053/1500 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВтч | 224 | 209,9 | 209 | 208 |
| Радиус поворота, м | 10,2 | 9 | 13 | 15 |
| Масса балласта, кг, не менее | 3500 | 3500 | 14 650 | 12 500 |
| Ход подвижного кронштейна по вертикали, мм, не более | 1360 | 1460 | 1600 | 2380 |
| Эксплуатационная масса, кг | 34 850 | 42 500 | 120 000 | 167 400 |
| | (комплектация в базовом исполнении) | | | |
| Скорость максимальная буксировки, км/ч, не более | 15 | | | |

## Поливооросительные машины

**Поливооросительная машина БелАЗ-76470**

Одним из направлений дальнейшего развития конструкции карьерной техники БелАЗ на предприятии является расширение номенклатуры специальных технологических машин. Поливооросительные машины широко используются в карьерах для проведения оросительных работ и пылеподавления на открытых разработках месторождений полезных ископаемых, наполнения резервуаров, в том числе буровых станков, водой под давлением из емкости машины.

Выпускаемые сегодня поливооросительные машины БелАЗ-76470 и БелАЗ-76473 базируются на шасси карьерных самосвалов БелАЗ-7547 и БелАЗ-75473, соответственно. При их разработке было проведено усовершенствование системы поливоорошения: внедрена веерная система, при этом изменилась распылительная система, которая сейчас состоит из задней и боковой распылительной системы, дополнительно установлен барабан с ручным пожарным стволом и муфтовая головка для заправки пожарных машин ГМВ-125, что позволило значительно улучшить технические характеристики. Боковая распылительная система имеет два, а задняя — четыре веерных распылителя, впереди на верхней части цистерны устанавливается лафетный ствол с возможностью поворота вверх, вниз и в горизонтальной плоскости. В задней части цистерны устанавливается пожарный ствол и барабан с прорезиненным рукавом длиной 15 м.

При применении веерной системы поливоорошения включение распылителями осуществляется шаровыми кранами с электропневматическим управлением из кабины водителя, при этом возможно включение любой комбинации распылителей, тогда как при применении системы поливоорошения с задней распылительной системой включение осуществлялось вручную, открытием крана с земли.

Основные технические характеристики поливооросительных машин серии БелАЗ-7647:

| Поливооросительная машина | **БелАЗ-76470** | **БелАЗ-76473** |
|---|---|---|
| Объем цистерны, м$^3$ | 32 | 32 |
| Модель двигателя | ЯМЗ-240НМ2 | КТТА19-С |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 368 (500) | 448 (600) |
| Максимальный крутящий момент, Нм/об/мин | 1815/1600 | 2237/1550 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВтч | 224 | 219 |
| Длина, мм | 8130 | 8430 |
| Передний свес, мм | 1750 | 2050 |
| Радиус поворота, м | 10,2 | |
| Угол поворота лафетного ствола, град., не менее | | |
| вверх | 45 | |
| вниз | 10 | |
| в горизонтальной плоскости в каждую сторону | 35 | |
| Дальнобойность струи воды из лафетного ствола, м, не менее | 60 | |
| Ширина зоны поливоорошения, м, не менее | | |
| при подаче воды насосом с применением клапанов включения | 24,5 | |
| при подаче воды насосом без применения клапанов включения | 12 | |
| самотеком, без применения клапанов включения | 5 | |
| Эксплуатационная масса, кг | 33 000 (комплектация в базовом исполнении) | |
| Скорость движения при поливе максимальная, км/ч | 15 | |

Еще одно направление поливооросительных машин — БелАЗ-76135.

Создание поливооросительной машины БелАЗ-76135 с объемом цистерны 112 м$^3$ воплотило в себе знания и предыдущий опыт по созданию аналогичной продукции, а также важнейшие научно-технические и инженерные решения мировых производителей карьерной и горнодобывающей техники. БелАЗ-76135 представляет собой технологический транспорт с жесткой рамой и колесной формулой

4 × 2, который создан на базе шасси карьерного самосвала БелАЗ-75135, соответствующий мировым аналогам и имеющий высокие показатели по производительности.

Система поливоорошения БелАЗ-76135 состоит из боковой распылительной системы (два веерных распылителя), задней распылительной системы (четыре веерных распылителя) и управляемого лафетного ствола. Управление распылительной системой независимое, из кабины клапанами включения. В системе применяется одноступенчатый центробежный насос с гидрообъемным приводом. Мощность привода насоса составляет 32 кВт. Производительность насоса при частоте 2900 об/мин составляет 1,67 м$^3$/мин, при этом напор насоса составляет 80 м вод. ст.

На передней верхней части цистерны установлен лафетный ствол с независимым управлением из кабины водителя с помощью клапанов включения.

Конструктивной особенностью БелАЗ-76135 является применение в конструкции пеногенераторной установки (устанавливается по заказу), которая позволяет расширить функциональные возможности машины, повысить эффективность ее применения как в плане улучшения экологических условий работы в карьере, так и в использовании ее в качестве дополнительного средства ликвидации возгораний на горном и транспортном оборудовании.

Пеногенераторная установка состоит из емкости пенообразователя, воздушно-пенного ствола с дистанционным приводом, пеносмесителя и вспомогательной запорно-регулировочной арматуры.

| | |
|---|---|
| Кратность пены (в режиме работы пеногенератора), не менее | 6 |
| Дальность вылета пены, м | 40 |
| Перемещения ствола в горизонтальной плоскости, град. | 35 ± 1 |
| Перемещения ствола по вертикали, град. | от –15 до +45 |
| Условный проход соединительных головок, мм | 80 |

Цистерна — сварная из высокопрочной стали, разделенная на отсеки. Конструкция цистерны имеет герметизированный сквозной канал для прохождения подогревающих выхлопных газов двигателя. Заправка цистерны производиться через верхние люки от гидранта.

На цистерне предусмотрены защитные устройства и ограждения (лестница и поручни) для обеспечения подъема на цистерну и обеспечения безопасного обслуживания в соответствии с EN 474-1.

Основные технические характеристики поливоороситель ной машины БелАЗ-76135:

| | |
|---|---|
| Объем цистерны, м$^3$ | 112 |
| Объем бака для пенообразования, м$^3$ | 7 |
| Модель двигателя | КТА38-С |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 882 (1200) |
| Максимальный крутящий момент, Нм/об/мин | 4726/1300 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВтч | 207 |
| Размеры габаритные, мм, не более: | |
| максимальная длина, $L_1$ | 11 100 |
| максимальная ширина, $W_1$ | 7050 |
| максимальная высота, $H_{14}$ | 7250 |
| Угол поворота лафетного ствола, град., не менее: | |
| вверх | 45 |
| вниз | 10 |
| в горизонтальной плоскости в каждую сторону | 35 |
| Дальнобойность струи воды из лафетного ствола, м, не менее | 60 |
| Ширина зоны поливоорошения при подаче воды насосом с применением клапанов включения, м, не менее | 30 |
| Эксплуатационная масса, кг | 110 100 (комплектация в базовом исполнении) |
| Скорость движения при поливе максимальная, км/ч | 15 |

## Техника марки "МоАЗ"

Филиал ОАО "БелАЗ" — "МоАЗ им. С. М. Кирова" известен как производитель подземной, строительно-дорожной и специальной техники.

Основной продукцией Могилевского автомобильного завода им. С. М. Кирова являются машины для работы в подземных условиях, такие как самосвалы шахтные, вспомогательная техника, созданная на базе шасси для подземных работ и погрузочно-доставочные машины. Кроме того, предприятие выпускает самосвалы повышенной проходимости, предназначенные для работы вне дорог общего пользования, а также строительно-дорожную технику — скреперы, погрузчики, бульдозеры, автобетоносмесители, бетононасосы и раздаточные стрелы.

## Самосвалы шахтные грузоподъемностью 22—25 тонн

**Самосвал шахтный МоАЗ-7529**

В классе шахтных самосвалов семейства МоАЗ-7529 грузоподъемностью 22 т заводом также выпускается несколько модификаций с двигателями производства разных фирм. Каждая модификация самосвала имеет свои исполнения. Это обусловлено как различными климатическими условиями их эксплуатации, так и комплектацией по заказу потребителей, в том числе с установкой дополнительных систем и агрегатов.

Каждая модификация, в свою очередь, имеет различные исполнения. По заказу потребителей машины комплектуются кабиной открытого и закрытого типов, дополнительными системами и альтернативными агрегатами и узлами, в том числе, системой управления тормозной системы с гидравлическим либо пневмогидравлическим приводами, кондиционером, централизованной системой смазки, системой очистки воздуха в кабине и т. д.

В 2011 г. была проведена работа по доработке конструкторской документации с целью внесения изменений в конструкцию самосвала с учетом пожеланий потребителей, а также коренного улучшения конструкции тормозной системы.

В результате самосвал получил новую тормозную систему с гидравлическим управлением, эффективную защиту узлов и аппаратов от повреждений, был также внесен и ряд других конструктивных изменений. В 2012 г. изготовлен первый образец обновленного самосвала МоАЗ-75291-023.

Основные технические характеристики модификаций самосвалов семейства грузоподъемностью 22 т:

| Самосвал шахтный | **МоАЗ-75291-022** | **МоАЗ-75291-023** | **МоАЗ-75294** |
|---|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 22 | 22 | 22 |
| Колесная формула | 4×4 | 4×4 | 4×4 |
| Модель двигателя | ЯМЗ-238БН | ЯМЗ-238БН | "Deutz" F12L413FW |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 190 (260) | 190 (260) | 207/280 |
| Тип охлаждения двигателя | Жидкостное | Жидкостное | Воздушное |
| ГМП, количество передач | 6 + 1 | 6 + 1 | 6 + 1 |
| Геометрический объем кузова, м$^3$ | 9,5 ± 3 % | 11,5 ± 3 % | 11,5 ± 3 % |
| Объем кузова с "шапкой" 2:1 | 12,5 ± 3 % | 14 ± 3 % | 14 ± 3 % |
| Радиус поворота, м | 8,6 | 8,6 | 8,4 |
| Масса эксплуатационная, кг | 24 000 | 22 800 | 23 500 |
| Масса полная, кг | 46 000 | 44 800 | 45 500 |
| Максимальная скорость, км/ч | 40 | 40 | 40 |
| Шина | 18.00x25 | 18.00x25 | 18.00x25 |
| Угол складывания полурам, друг относительно друга, град. | 42 ± 2 | 42 ± 2 | 42 ± 2 |
| Тормозная система | Тормозные механизмы многодисковые в масляной ванне без принудительного охлаждения, привод пневмогидравлический, раздельный | Тормозные механизмы многодисковые в масляной ванне с системой принудительного охлаждения, привод гидравлический, раздельный | Тормозные механизмы многодисковые в масляной ванне без принудительного охлаждения, привод пневмогидравлический, раздельный |

Наличие дублирующих органов управления позволяет осуществлять движение по "челночной схеме" (вперед и назад без разворотов).

Самосвал может быть оборудован кабиной открытого или закрытого типа с дополнительными устройствами.

Ведутся работы по разработке модификаций самосвала шахтного МоАЗ-7529 с более совершенным дизелем, который соответствует требованиям экологичности Tier3, а также с применением тормоза обратного действия по типу "SAHR".

На базе самосвала МоАЗ-7529 создан целый ряд вспомогательных машин для работы в подземных условиях, таких как: универсальное транспортное средство для перевозки людей, автобетоносмеситель, машина для пожаротушения и т. п.

Основные технические характеристики самосвалов шахтных семейства МоАЗ-7405 грузоподъемностью 22—25 т:

| Самосвал шахтный | **МоАЗ-7405-9586** | **МоАЗ-74051Д-9586** | **МоАЗ-74052-9586** |
|---|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 22 | | 25 |
| Колесная формула | 4 × 2 | | |
| Модель двигателя | ЯМЗ 238 КМ2 | "Deutz" F12L413FW | ЯМЗ-238БН |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 140/190 | 207/280 | 190 (260) |
| Охлаждение двигателя | Жидкостное | Воздушное | Жидкостное |
| ГМП, количество передач | 6 + 1 | 6 + 1 | 6+1 |
| Геометрический объем кузова, м$^3$ | 9,5±3 % | 11,5 ± 3 % | 11,5 ± 3 % |
| Объем кузова с "шапкой" 2:1 | 12,5 ± 3 % | 14 ± 3 % | 14 ± 3 % |
| Радиус поворота, м | 7,6 | | 7,5 |
| Масса эксплуатационная, кг | 19 500 | 19 200 | 20 500 |
| Масса полная, кг | 41 500 | 41 200 | 45 500 |
| Максимальная скорость, км/ч | 40 | 40 | 40 |
| Шина | 18.00x25 | 18.00x25 | 18.00x25 |
| Угол складывания полурам, относительно друг друга, град. | 42 ± 2 | 42 ± 2 | 45 ± 2 |
| Тормозная система | Двухконтурная, с пневматическим приводом, рабочие тормоза — колодочные | | Тормозные механизмы многодисковые в масляной ванне без принудительного охлаждения, привод пневмогидравлический, раздельный |

Каждая модификация, в свою очередь, имеет различные исполнения. По заказу потребителей машины комплектуются кабиной открытого и закрытого типа, дополнительными системами и альтернативными агрегатами и узлами, в том числе системой управления тормозной системы с гидравлическим либо пневмогидравлическим приводами, кондиционером, централизованной системой смазки, системой очистки воздуха в кабине и т. д.

На базе самосвала МоАЗ-7405-9586 завод изготавливает универсальное шасси для вспомогательного оборудования, транспортное средство для перевозки людей на 24 посадочных места, автобетоносмеситель для подземных работ вместимостью 4 м$^3$ по выходу готовой смеси.

**Самосвал шахтный МоАЗ-7405-9586**

**Транспортное средство для перевозки людей МоАЗ-7405-9286**

**Автобетоносмеситель МоАЗ-7405-99864**

## Самосвалы шахтные грузоподъемностью 40—50 тонн

Самосвал шахтный МоАЗ-75840 разработан на базе самосвала БелАЗ-75810 (грузоподъемностью 50 т) с учетом пожеланий и рекомендаций, полученны от эксплуатирующих организаций, таких как ОАО "Норильск Никель", ТОО "Корпорация "Казахмыс", ОАО "Апатит" и др.

На самосвале установлен двигатель Detroit Diesel S60 мощностью 533 л. с. (391 кВт), изменено капотирование моторного отсека, улучшена обзорность, доработана система охлаждения тормозов.

По узлам и агрегатам самосвал МоАЗ-75840 максимально унифицирован с самосвалом БелАЗ-75810.

Основные технические характеристики шахтных самосвалов семейства МоАЗ-75800 грузоподъемностью 40—50 т:

| Самосвал шахтный | МоАЗ-75810 | МоАЗ-75840 |
|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 50 | 40 |
| Колесная формула | 4×4 | 4×4 |
| Модель двигателя | Cummins QSX15-C535 | Detroit Diesel S60 |
| Номинальная мощность двигателя, кВт (л.с.) | 399 (535) | 391 (533) |
| Тип охлаждения двигателя | Жидкостное | |
| ГМП, количество передач | 6 + 2 | |
| Геометрический объем кузова, м$^3$ | 21 | 16 |
| Объем кузова с "шапкой" 2:1 | 26 | 21 |
| Радиус поворота, м | | |
| Масса эксплуатационная, кг | 37 500 | 35 450 |

*Продолжение*

| Масса полная, кг | 87 500 | 75 450 |
|---|---|---|
| Максимальная скорость, км/ч | 40 | |
| Шина | 29,5R25 | 26,5R25 |
| Угол складывания полурам друг относительно друга, град | ±42,5 | |
| Тормоза | Многодисковые в масляной ванне с принудительным охлаждением, привод гидравлический, раздельный | Многодисковые в масляной ванне без принудительного охлаждения, привод гидравлический, раздельный |

В настоящее время самосвал шахтный успешно прошел приемочные испытания в условиях рудника ОАО "Апатит" (г. Кировск), и налажено его серийное производство.

Ведутся работы по разработке линейки самосвалов шахтных серии МоАЗ-75800 с более совершенным двигателем, грузоподъемностью 50 и 60 т, максимально унифицированных по таким узлам, как приводные мосты, ГМП, кабина и др.

## Погрузочно-доставочные машины

Погрузочно-доставочная машина МоАЗ-4055 грузоподъемностью 9 т предназначается для погрузочно-доставочных работ со взорванными или разрыхленными механическим способом породами в стесненных условиях подземных шахт и проходах, не опасных по пыли и газу, а также в условиях открытой добычи полезных ископаемых, строительстве тоннелей и т. п.

В последние годы была проведена работа по доработке конструкторской документации с целью внесения изменений в конструкцию погрузочно-доставочной машины с учетом пожеланий потребителей, а также коренного изменения конструкции тормозной системы.

В результате погрузочно-доставочная машина получила новую тормозную систему с гидравлическим управлением, эффективную защиту узлов и агрегатов от повреждений, механизм эжекторной выгрузки ковша и ряд других конструктивных изменений.

Основные технические характеристики погрузочно-доставочной машины семейства МоАЗ-4055 грузоподъемностью 9 т:

| Колесная формула | 4×4 |
|---|---|
| Масса снаряженная, т | 29 |
| Масса номинального груза, т | 9 |
| Вместимость ковша, м$^3$ | |
| геометрическая | 3,0 |
| номинальная | 3,5 |

*Продолжение*

| | |
|---|---|
| Максимальная скорость движения, км/ч | 25 |
| Ширина габаритная, мм | 2637 |
| Минимальный радиус поворота по крайней выступающей точке, мм | 6700 |
| Вырывное усилие, кН (кгс): | |
| по гидроцилиндрам подъема стрелы | 214,9 (21 490) |
| по гидроцилиндрам поворота ковша | 153,1 (15 310) |
| Двигатель | ЯМЗ-238 БН 179 кВт (260 л.с.) |
| Гидромеханическая коробка передач | БелАЗ (4 + 4) |
| Гидротрансформатор | ЛГ- 470, одноступенчатый, четырехколесный |
| Коробка передач | Четырехступенчатая, четырехвальная с шестернями постоянного зацепления и фрикционными муфтами |
| Мосты ведущие | Двухступенчатые, состоят из главной передачи и двух колесных редукторов |
| Рама | Шарнирно-сочлененная, угол складывания секций ±42° |
| Подвеска: | |
| переднего моста | Жесткая |
| заднего моста | Балансирная, ±11° |
| Шины | 18,00-25″ |
| Рулевое управление | Гидравлическое с клапаном управления и приоритетным клапаном |
| Насосы и гидроаппараты | Sauer Danfoss |
| Тормозная система | Многодисковые тормоза, с гидравлическим приводом и принудительным охлаждением |
| Электрооборудование, В | 24 |
| Кабина | Одноместная, открытая |
| Давление в гидросистеме: | |
| рулевого управления, МПа | 16 |
| рабочего оборудования, МПа | 18 |
| Централизованная система смазки | Lincoln |
| Жгуты проводов системы электрооборудования в гофрированных трубках | Корэкс |

Возможна установка двигателя воздушного охлаждения Deutz F12L413 FW.

**Машина погрузочно-доставочная МоАЗ-4055**

## Универсальные шасси для работы в подземных условиях

На заводе разработана и внедрена в производство линейка универсальных шасси грузоподъемностью 5 и 12 т МоАЗ-5905 и МоАЗ-5906, соответственно, предназначенных для установки технологического оборудования вспомогательного назначения, например, пассажирского салона, для доставки взрывчатых веществ, установки для торкретирования и др.

Транспортное средство МоАЗ-59052 предназначено для перевозки людей в шахтах.

Основные технические характеристики МоАЗ-59052:

| | |
|---|---|
| Колесная формула | 4×4 |
| Количество посадочных мест | 17 |
| Масса снаряженная, кг | 10 000 |
| Масса полная, кг | 12 000 |
| Максимальная скорость движения, км/ч | 30 |
| Габаритная ширина, м | 2,1 |
| Угол преодолеваемого подъема, град. | 15 |
| Двигатель | Deutz F6L912W |
| мощность номинальная, кВт (л.с.) при об/мин | 69 (92)/2500 |
| нейтрализация газов | Двухступенчатая (каталитическая и жидкостная ступень) |
| коробка передач | Амкадор У35615 |
| количество передач | 4 + 2 |
| мосты ведущие | Амкадор |
| Шины | 14.00-20 |
| Тормозная система | Многодисковые с гидравлическим приводом |

**Транспортное средство для перевозки людей МоАЗ-59052**

**Шасси универсальное МоАЗ-5906**

Шасси универсальное МоАЗ-5906 предназначено под комплектацию технологическим оборудованием (установки для зарядки шпуров, пассажирский салон, бетоносмеситель, установки для торкретирования и др.) для работы в подземных условиях, не опасных по пыли и газу, а также вне автомобильных дорог общего пользования в условиях открытой добычи полезных ископаемых. Грузоподъемность 12 т, с колесной формулой 4 × 4, выполнено по классической схеме с шарнирно-сочлененной рамой коробчатого сечения. Шасси имеет трехместную цельнометаллическую закрытую кабину с каркасом безопасности.

Основные технические характеристики шасси универсального МоАЗ-5906:

| | |
|---|---|
| Грузоподъемность, кг | 12 000 |
| Колесная формула | 4×4 |
| Масса снаряженная, кг | 8000 |
| Масса полная, кг | 20 000 |

*Продолжение*

| | |
|---|---|
| Максимальная скорость движения, км/ч | 30 |
| Двигатель | ЯМЗ-5342 |
| мощность номинальная, кВт (л.с.) | 110 (150)/2300 |
| коробка передач | Амкадор |
| количество передач | 4+2 |
| мосты ведущие | Амкадор |
| Шины | 14.00-20 |
| Тормозная система | Многодисковые с гидравлическим приводом |

## Автомобили самосвалы повышенной проходимости грузоподъемностью 25—50 тонн

Семейство автомобилей-самосвалов МоАЗ-7505 предназначено для транспортирования грунта на строительстве гидротехнических сооружений, шоссейных и железных дорог, при производстве вскрышных и рекультивационных работ в горнорудной промышленности, где отсутствуют подготовленные дороги с твердым покрытием.

Электрогидравлическая система управления ГМП, принудительная блокировка дифференциалов (межосевого и заднего моста), гидравлическое рулевое управление, рабочая, стояночная и запасная тормозные системы с пневмоприводом, независимый автономный отопитель-вентилятор создают комфортные условия водителю.

Постоянно проводятся работы по модернизации и улучшению конструкции ранее разработанных машин данного семейства для удовлетворения возрастающих требований потребителей. Так, в 2012 г. изготовлена модернизированная машина МоАЗ-75055 грузоподъемностью 25 т.

Основные технические характеристики семейства автомобилей-самосвалов МоАЗ-7505:

| Автомобиль-самосвал | **МоАЗ-75054** | **МоАЗ-75055** |
|---|---|---|
| Двигатель | ЯМЗ 7512,10 | QSM11-C350 |
| Мощность, кВт (л.с.) | 264 (350) | 261 (350) |
| Максимальный крутящий момент при 1400 об/мин, Нм | 1570 | 1776 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВтч | 215 | 231 |
| Система контроля расхода топлива | OMNICOMM | OMNICOMM |
| Гидромеханическая трансмиссия | БелАЗ | БелАЗ |
| Количество передач | 6 + 1 | |
| Вместимость кузова, м$^3$ | | |
| геометрическая | 11,5 | |
| номинальная (с шапкой) | 15,5 | |

*Продолжение*

| | |
|---|---|
| Шины | 26,5R25 |
| Масса эксплуатационная, кг | 20 000 |
| Нагрузка полезная (грузоподъемность), кг | 25 000 |
| Масса полная, кг | 45 000 |
| Колесная формула | 4×4 |

Самосвал-землевоз МоАЗ-7506 грузоподъемностью 36 т создан на базе шарнирно-сочлененной рамы, что существенно увеличивает маневренность самосвала, сокращая время, затрачиваемое на маневрирование при подаче самосвала на погрузку и разгрузку. Горизонтальный шарнир, интегрированный в сцепку, обеспечивает качание полурам на 15 град. относительно друг друга в каждую сторону. Угол складывания полурам составляет 45 град., что обеспечивает радиус поворота по крайней выступающей кромке 9 м при длине самосвала в 11 м.

**МоАЗ-75054**

**МоАЗ-75055**

Самосвал-землевоз оборудован двухместной кабиной с центральным расположением для обеспечения улучшенного обзора водителя. Кабина обладает улучшенными эргономическими показателями, в ее силовой каркас интегрированы системы безопасности ROPS и FOPS. В базовой комплектации самосвала-землевоза имеется кондиционер и автономный отопитель для создания благоприятного микроклимата.

На машине установлен двигатель Cummins QSX15-C450 мощностью 336 кВт (450 л. с.), соответствующий экологическим нормам Tier3. Автоматическая гидромеханическая коробка передач Allison 4500 с тормозом-замедлителем и распределением крутящего момента 1: 2,5. Установлена система контроля расхода топлива "OMNICOMM", позволяющая отслеживать не только расход топлива, но и просматривать все параметры эксплуатации самосвала в течение смены, такие как скорость движения, время работы на каждом режиме, продолжительность рабочего цикла и др.

Основные технические характеристики самосвала-землевоза МоАЗ-7506:

| Двигатель | Cummins QSX15-C450 |
|---|---|
| Мощность, кВт (л.с.) | 336 (450) |
| Максимальный крутящий момент при 1400 об/мин, Нм | 2100 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВтч | 231 |
| Коробка передач | Allison 4500 |
| Количество передач | 6 + 1 |
| Раздаточная коробка | Allison VG2600 |
| Вместимость кузова, м$^3$ | |
| геометрическая | 17 |
| номинальная (с шапкой) | 22,4 |
| Заправочные емкости, л: | |
| Топливный бак | 560 |
| Система охлаждения двигателя | 80 |
| Система смазки двигателя | 43,5 |
| Шины | 29.5R25 |
| Масса эксплуатационная, кг | 35 760 |
| Нагрузка полезная (грузоподъемность), кг | 36 000 |
| Масса полная, кг | 71 760 |
| Колесная формула | 6×6 |
| Максимальный преодолеваемый продольный уклон, % | 24 |

В настоящее время ведутся работы по созданию линейки шарнирно-сочлененных самосвалов-землевозов грузоподъемностью 27—36—48 т, максимально унифицированных по узлам и системам.

**Самосвал-землевоз МоАЗ-7506**

В 2012 г. изготовлен самосвал-землевоз МоАЗ-75041 грузоподъемностью 27 т, самый малый по грузоподъемности в данной линейке.

Землевоз МоАЗ-75041 грузоподъемностью 27 т оснащен двигателем Cummins, соответствующим нормам EU Stage 2, который развивает мощность 261 кВт (355 л. с.) и коробкой передач со встроенным гидротрансформатором. Гидродинамический трансмиссионный ретардер, установленный непосредственно на ГМП, дает возможность плавно регулировать усилие торможения, что позволяет сократить износ рабочих тормозов, а значит — снизить эксплуатационные расходы.

Кабина — с центральным расположением, одноместная, с дополнительным сиденьем, однодверная, со встроенными системами ROPS и FOPS. Кабина комплектуется воздушным отопителем, кондиционером, удобной панелью приборов с системами диагностики.

Гидравлическая система — объединенная для рулевого управления, опрокидывающего механизма и привода тормозов. Тормозная система трехконтурная, гидравлическая с многодисковыми тормозными механизмами и принудительным охлаждением.

На землевозе применен кузов специальной формы, обеспечивающий равномерное распределение нагрузки. Кузов оборудован устройством для механического стопорения и фиксации в поднятом положении, сигнализацией о поднятом состоянии и приближении к ЛЭП.

Самосвал-землевоз МоАЗ-75034 грузоподъемностью 50 т предназначен для перевозки грунта и сыпучих материалов мелких фракций на строительстве гидротехнических сооружений, железных дорог, при производстве вскрышных и рекультивационных работ в тяжелых дорожных условиях при отсутствии подготовленных дорог, в том числе в условиях распутицы. Кузов самосвала может быть оборудован задним бортом.

Основные технические характеристики самосвала-землевоза МоАЗ-75034:

| | |
|---|---|
| Двигатель | QSX15-C650 |
| Мощность, кВт (л.с.) | 447 (600) |
| Максимальный крутящий момент при 1400 об/мин, Нм | 2542 |
| Удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВтч | 223 |
| Система контроля расхода топлива | OMNICOMM |
| Гидромеханическая коробка передач | БелАЗ |
| Количество передач | 4 + 1 |
| Вместимость кузова, м$^3$ | |
| геометрическая | 26 |
| номинальная (с шапкой) | 32,4 |
| Заправочные емкости, л: | |
| топливный бак | 500 |
| система охлаждения двигателя | 14 |
| система смазки двигателя | 49 |
| Шины | 29,5R25 |
| Масса эксплуатационная, кг | 37 800 |
| Нагрузка полезная (грузоподъемность), кг | 50 000 |
| Масса полная, кг | 87 800 |
| Колесная формула | 6×6 |

Фронтальный погрузчик МоАЗ-40483 грузоподъемностью 7 т предназначен для погрузки взорванных или разрыхленных полускальных или скальных пород, а также легких и рыхлых пород, выбираемых из целика.

Это мощная маневренная машина с шарнирно-сочлененной рамой, оснащенная гидромеханической коробкой передач и двумя ведущими мостами, обладает повышенной проходимостью и высокими тяговыми показателями. Основные узлы погрузчика, такие как двигатель и его системы, мосты, ГМП и колеса, максимально унифицированы с автосамосвалом МоАЗ-75054 и бульдозером МоАЗ-40489. В целях расширения применения погрузчика предусмотрена

**Самосвал-землевоз МоАЗ-75034**

**Погрузчик МоАЗ-40483**

комплектация МоАЗ-40483-026 с адаптером и сменным навесным оборудованием. Машина может комплектоваться поворотным или неповоротным бульдозерным отвалом, челюстным захватом ковшом.

### Бетононасосный комплекс

Стационарно-прицепные бетононасосы применяются при возведении высокоэтажных зданий и сооружений в случаях, когда невозможна подача бетонной смеси при помощи автобетононасоса. Бетонная смесь поступает из стационарного бетононасоса на бетонораспределительную стрелу через систему труб. Стрела, в свою очередь, подает бетон на требуемые участки строительства, не повреждая опалубку и не требуя укладки дополнительных трубопроводов.

Стационарно-прицепной бетононасос в сочетании с раздаточной стрелой — это самостоятельная система для распределения бетона на строительном объекте. Мачта, представляющая из себя раздаточную стрелу на трубной колонне, может самостоятельно подниматься с этажа на этаж с помощью специального самоподъемного устройства.

**Стационарно-прицепной бетононасос МоАЗ-8901**

Бетононасос МоАЗ-8901 осуществляет подачу бетонной смеси на расстояние до 250 метров по горизонтали и до 115 м в высоту. Максимальная производительность — 90 м$^3$/ч. В основе бетононасосной системы заложены компоненты производства южнокорейской компании Everdigm Corp.: загрузочный бункер с S-клапаном, бетононасосные цилиндры, блок гидравлического управления, пульты управления бетононасосом. Гидросхема привода бетононасосных цилиндров и S-клапана стандартная, широко применяемая на бетононасосах известных мировых производителей.

Привод гидросистемы осуществляется с помощью двигателя производства ОАО "Минский моторный завод" D260.1S2 мощностью 115 кВт. В гидросистеме развивается давление для подачи бетонной смеси на высоту до 115 м. Стационарно-прицепной бетононасос оснащен 180-литровым топливным баком, рассчитанным на восьмичасовую рабочую смену без дозаправки. Предусмотрена комплектация топливной системы, оснащенной системой подогрева для надежного пуска и эксплуатации в зимнее время.

Стационарно-прицепной бетононасос МоАЗ-8901 спроектирован так, что обеспечивает максимально удобный доступ ко всем компонентам, узлам и механизмам моторного отсека для проведения технического обслуживания и управления.

Основные технические характеристики стационарно-прицепного бетононасоса МоАЗ-8901:

| | |
|---|---|
| Теоретическая производительность, м$^3$/ч: | 90 |
| Максимальное теоретическое расстояние подачи, м | |
| по горизонтали | 250 |
| по вертикали | 115 |
| Двигатель | ММЗ Д260.1S2 |
| Номинальная мощность при 2100 об/мин, кВт (л.с.) | 115 (156) |
| Топливный бак, л | 180 |
| Фильтрация топлива | Фильтр-сепаратор (воды) Mann Hummel Pre-Line |
| Привод бетононасоса гидравлический с компонентами | Bosch Rexroth, Everdigm |
| Подающий цилиндр | |
| диаметр, мм | 200 |
| максимальный ход, мм | 1600 |
| Наибольшая крупность заполнителя, мм, не более | 40 |
| Подвижность перекачиваемой бетонной смеси (осадка станд. конуса), см | 8—23 |

*Продолжение*

| | |
|---|---|
| Диаметр подающих трубопроводов (внутренний), мм | 125 |
| Загрузочный бункер, л | 600 |
| Оборудование бункера | Вал с лопатками для перемешивания бетонной смеси, промывочный люк |
| Реверсивная подача бетона | Наличие функции обратного засасывания |
| Управление | Стационарный пульт<br>Кабельный пульт (20 м) — опция<br>Радиоуправляемый пульт — опция |
| Автоматическая смазка | Системы Lincoln, 1 л |
| Дополнительное электрооборудование | Освещение внутреннего моторного отсека и загрузочного бункера |
| Подача воды | Шнековый вакуумный водяной насос с пожарно-гидрантовым и шланговым забором воды |
| Шины | 355-65-15 МВЭ,<br>ОАО "Белшина" |
| Полная масса (без бетоноводов), кг | 5100 |
| Скорость буксировки, км/ч | 15 |
| Габаритные размеры (Д×В×Ш), мм | 5927×2540×2154 |

Стрела гидравлическая раздаточно-распределительная СГРР-024 предназначена для подачи бетонной смеси на высоту и в труднодоступные места, что необходимо при возведении высотных зданий и сооружений из монолитного бетона и железобетона, строительстве мостов, тоннелей и т. п. Стрела СГРР-024 разработана на основе компонентов компании Everdigm Corp. На данном этапе Могилевский автомобильный завод локализовал производство крестообразной опоры, колонн длинной 4 и 6 м, лестничных элементов, рабочей платформы, адаптера для крепления насосной станции, а также межэтажных платформ и гидроцилиндров системы самоподъема стрелы.

**Стрела СГРР-024**

Несущей металлоконструкцией стрелы предусмотрены два варианта установки: возле возводимого объекта и внутри здания. Установка стрелы возле здания должна осуществляться на бетонном фундаменте с анкерным креплением крестообразной опоры.

Основные технические характеристики стрелы гидравлической СГРР-024:

| | |
|---|---|
| Максимальная подача (вылет), м | 24 |
| Максимальная высота подачи бетонной смеси при полной сборке от нулевой отметки на колоннах, м | 42 |
| Теоретическая производительность перекачки бетона, $м^3/ч$ | 140 |
| Тип складывания | Z |
| Количество секций, шт | 4 |
| Высота мачты, мм | 6000/4000 |
| Электроснабжение, В/Гц | 380/50 (380/60 опция) |
| Диаметр подающих трубопроводов (внутренний), мм | 125 |
| Система управления проводная/радио | Дистанционная |
| Длина конечного подающего шланга, мм | 3000 |
| Мощность электродвигателя гидростанции, кВт | 15 |
| Полная масса (без подающих трубопроводов), кг | 7000 |
| Габаритные размеры (Д×В×Ш), мм | 9700×1900×1930 |

На ближайшие годы запланировано расширение модельного ряда бетононасосов за счет выпуска бетононасосов производительностью 70 и 110 $м^3/ч$ и стрелы с горизонтальным вылетом 28 м.

Также разработаны автобетоносмесители с рабочим объемом смесительного барабана 4—10 $м^3$. В 2007 г. был изготовлен опытный образец автобетоносмесителя МоАЗ-69000 (шасси МАЗ-630305) с объемом смесительного барабана в 7 $м^3$ по выходу готовой смеси, а в 2009 г. изготовлен автобетоносмеситель МоАЗ-69010 (шасси МЗКТ-692371) с объемом смесительного барабана в 10 $м^3$ по выходу готовой смеси. Автобетоносмесители оборудованы автономным двигателем производства Минского моторного завода мощностью 59 кВт. В настоящее время автобетоносмесители МоАЗ-69000 и МоАЗ-69010 успешно прошли приемочные испытания и поставлены на серийное производство. В 2012 г. изготавливается опытный образец автобетоносмесителя

МоАЗ-69010 с улучшенной конструкцией бетоносмесительного модуля и получившего индекс МоАЗ-69100 с объемом смесительного барабана 10 м$^3$.

В линейке бетоносмесителей МоАЗ имеется также бетоносмеситель СМБ 060А на полуприцепе МАЗ-938020 с креплением технологического оборудования непосредственно к раме полуприцепа.

Силовой привод смесительного барабана СМБ 060А включает дизельный четырехцилиндровый двигатель Д-243 мощностью 59 кВт и планетарный редуктор.

На полуприцепе полностью смонтированы все системы жизнеобеспечения силовой установки и технологического оборудования. Установлен стабилизатор поперечной устойчивости. В качестве тягового транспортного средства применяется двухосный седельный тягач МАЗ. Такое конструктивное решение сделало возможным использование бетоносмесительного оборудования в стационарном режиме без соединения с тягачом. Преимущество такой схемы в том, что при надлежащей организации работ можно с одним тягачом эксплуатировать 2—3 установки.

По своему техническому назначению автобетоносмесители МоАЗ могут использоваться как для приготовления и доставки бетонной смеси, так и для доставки готовой смеси, с приготовлением ее в пути следования к объекту бетонирования в условиях температуры окружающего воздуха выше +5 °С. При более низких температурах допускается только приготовление сухой смеси без заправки системы питания.

Основные технические характеристики автобетоносмесителей МоАЗ:

| Параметр | Модель | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **СМБ -349А** | **СМБ -370** | **СМБ-372** | **СМБ 060А** | **МоАЗ-69000** | **МоАЗ-69010** | **МоАЗ-69100** |
| Рабочий объем барабана, м | 4 | 6 | 6 | 6 | 7 | 10 | 10 |
| Масса эксплуатационная, кг | 9000 | 12 800 | 13 500 | 7000 | 14 000 | 16 000 | 15 800 |
| Масса полная, кг | 16 000 | 24 000 | 24 000 | 17 000 | 25 800 | 32 000 | 31 800 |
| Привод смесительного барабана | Гидромех. | Гидромех. | Гидромех. | Гидромех. | Гидромех. | Гидромех. | Гидромех. |
| Наибольшая потребляемая приводом мощность, кВт | 32 | 44 | 46 | 46 | 46 | 59 | 59 |
| Частота вращения смесительного барабана, об/мин | 0—18 | 0—18 | 0—16 | 0—16 | 0—16 | 0—16 | 0—16 |
| Продолжительность приготовления смеси, мин, не более | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Темп выгрузки, м$^3$/мин, не менее | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Вместимость бака для воды, л | 600 | 600 | 600 | 600 | 800 | 800 | 800 |
| Высота загрузки, мм | 3500 | 3700 | 3700 | 3800 | 3700 | 3800 | 3800 |
| Высота выгрузки наибольшая, мм | 2170 | 2370 | 2370 | 2470 | 2370 | 2370 | 2370 |
| Базовое транспортное средство | МАЗ-5337А2 | МАЗ-6303А5 | МАЗ-6303А5 | МАЗ-9380 | МАЗ-6403А5 | МЗКТ-692371 | МЗКТ-692371 |
| Автономный привод, модель двигателя | — | — | Д-243 | Д-243 | Д-243 | Д-243 | Д-243 |

### Грузовой подвижной состав

С созданием совместного закрытого акционерного общества "Могилевский вагоностроительный завод" на "БЕЛАЗ-ХОЛДИНГЕ" начали осваивать новый вид продукции — конструирование и производство грузовых железнодорожных вагонов.

С 2006 г. были разработаны и поставлены на производство 5 моделей грузового подвижного состава и тележка двухосная для грузовых вагонов.

Полувагоны люковые универсальные моделей 12-9763 и 12-9763-01 предназначены для перевозки грузов, не требующих в основном укрытия от атмосферных осадков, насыпных (непылевидных) и перевозимых навалом (с температурой груза не более 100 °С), а также штучных или штабельных с соответствующим креплением по правилам перевозки.

Основные технические характеристики полувагонов:

| Наименование параметра или размера | **12-9763** | **12-9763-01** |
|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 70 | 69,5 |
| Масса тары, т | 23,5 | 24 |
| Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН | 230,5 | |
| Объем кузова номинальный, $м^3$ | 78 | 90 |
| Удельный объем (отношение объема кузова к грузоподъемности), $м^3/т$ | 1,11 | 1,29 |
| Удельная материалоемкость (отношение массы тары к грузоподъемности) | 0,301 | 0,336 |
| Длина полувагона по осям сцепления автосцепок, мм | 13 920 | |
| Длина рамы полувагона по концевым балкам, мм | 12 700 | |
| База полувагона, мм | 8650 | |
| Высота оси автосцепки от уровня головки рельсов, мм | 1040—1080 | |
| Высота полувагона от уровня головок рельсов, мм, не более | 3478 | 3794 |
| Ширина полувагона наибольшая номинальная, мм | 3224 | |
| Количество разгрузочных люков | 14 | |
| Конструкционная скорость, км/ч | 120 | |
| Габарит по ГОСТ—9238: | | |
| кузова | 1-ВМ | |
| тележки | 02-ВМ | |
| Внутренние размеры кузова, мм | | |
| длина по листам обшивы торцовой стены в свету | 12 690 | 12 690 |
| ширина по листам обшивы боковой стены в свету | 2996 | 2996 |
| высота от листа крышки люка до верхней обвязки | 2045 | 2364 |
| Высота от уровня головок рельсов до нижней обвязки, мм | 1415 | |

Вагоны-хопперы предназначены для бестарной перевозки насыпных грузов по всей сети железных дорог колеи шириной 1520 мм с гравитационной разгрузкой в межрельсовое пространство на специально оборудованных приемных пунктах.

Вагон-хоппер модели 19-9774 предназначен для перевозки минеральных удобрений, вагон-хоппер модели 19-9862 — для перевозки цемента, вагон-хоппер модели 19-9863 — для перевозки зерна.

Вагоны-хопперы моделей 19-9862 и 19-9863 оборудованы дозированным механизмом разгрузки, а вагон-хоппер модели 19-9774 — рычажным механизмом разгрузки.

**Полувагон универсальный люковый модели 12-9763**

**Вагон-хоппер для перевозки цемента модели 19-9862**

Основные технические характеристики вагонов-хопперов:

| Наименование параметра или размера | **19-9774** | **19-9862** | **19-9863** |
|---|---|---|---|
| Грузоподъемность, т | 70,5 | 72,5 | 70 |
| Масса тары, т | 23 | 21 | 23,5 |
| Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН | 230,5 | | |
| Объем кузова номинальный, $м^3$ | 82 | 63 | 94 |
| Удельный объем (отношение объема кузова к грузоподъемности), $м^3/т$ | 1,16 | 0,87 | 1,34 |
| Коэффициент тары (отношение массы тары к грузоподъемности) | 0,326 | 0,297 | 0,343 |
| Длина вагона по осям сцепления автосцепок, мм | 13 720 | 12 020 | 14 720 |
| Длина рамы вагона по концевым балкам, мм | 12 500 | 10 800 | 13 500 |
| База вагона, мм | 9500 | 7800 | 10 500 |
| Высота оси автосцепки от уровня головки рельсов, мм | 1060—1080 | | |
| Высота вагона от уровня головок рельсов, мм | 4580 | 4400 | 4685 |
| Ширина вагона наибольшая номинальная, мм | 3230 | 3230 | 3230 |
| Количество люков: | | | |
| загрузочных | 4 | 4 | 4 |
| разгрузочных | 4 | 4 | 6 |
| Номинальный размер люков в свету, мм: | | | |
| загрузочных | 1550×600 | 1550×620 | 1550×600 |
| разгрузочных | 1080×475 | 500×400 | 500×400 |
| Угол наклона торцовых стенок, град. | 59 | 55 | 55 |
| Угол наклона торцовых стенок бункеров, град. | 45 | 50 | 50 |
| Конструкционная скорость, км/ч | 120 | 120 | 120 |
| Габарит по ГОСТ 9238: | | | |
| кузова | 1-Т | 1-ВМ | 1-ВМ |
| тележки | 02-ВМ | 02-ВМ | 02-ВМ |

Тележка двухосная тип 2 ГОСТ 9246—2004 модели 18-9922 предназначена для подкатки под грузовые вагоны с максимальной расчетной статической нагрузкой от колесной пары на рельсы — 230,5 кН и эксплуатирующихся по всей сети железных дорог с колеей шириной 1520 мм.

Основные технические характеристики тележки двухосной:

| Наименование параметра или размера | 18-9922 |
|---|---|
| Масса тележки, кг, не более | 4900 |
| Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН | 230,5 |
| База тележки, мм | 1850 |
| Расстояние от уровня головок рельсов до уровня опорной поверхности подпятникового места в свободном состоянии, мм | 806 |
| Статический прогиб рессорного подвешивания под максимально допустимой нагрузкой брутто, мм, не более | 60 |
| Статический прогиб рессорного подвешивания под тарой, мм, не менее (при нагрузке от колесной пары на рельсы 60 кН) | 11 |
| Конструкционная скорость, км/ч | 120 |

УДК 621.438.001
**Н. Н. Патрахальцев, И. А. Никишин, И. А. Петруня**
E-mail: nikpatrah@mail.ru

# ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ РЕЖИМОВ МАЛЫХ НАГРУЗОК ДИЗЕЛЯ КАМАЗ-740 ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ЕГО РАБОЧЕГО ОБЪЕМА

*Проведен анализ результатов оценки возможностей экономии топлива при работе на режимах малых нагрузок дизеля КамАЗ-740 путем изменения его рабочего объема отключением части цилиндров. Анализ выполнен по универсальным характеристикам дизеля, перестроенным в координатах удельная работа — частота вращения.*

***Ключевые слова:*** *дизель, режимы работы, малые нагрузки, отключение цилиндров, изменение рабочего объема.*

В условиях эксплуатации транспортные двигатели длительное время работают на режимах малых нагрузок (МН) и холостых ходов (ХХ). Реальные коэффициенты загрузки современных транспортных ДВС снизились до 0,6—0,5 и ниже. В новом европейском ездовом испытательном цикле такие режимы составляют около 30 % времени. Удельные эффективные расходы топлива на этих режимах существенно превышают аналогичные показатели работы двигателей при полных нагрузках. Поэтому повышение экономичности протекания режимов малых нагрузок является актуальной проблемой двигателестроения.

Одним из методов улучшения экономичности режимов МН и ХХ является метод регулирования двигателя изменением его рабочего объема. Преимущественное развитие метод получил применительно к двигателям с искровым зажиганием. В меньших объемах — в дизелях, так как выигрыши в удельном расходе по сравнению с бензиновыми двигателями, будут заведомо меньшими, что связано с практически не изменяющимися механическими потерями, связанными с насосными ходами.

Реализация этого метода в дизелях может достигаться следующими способами.

1. Изменением величин рабочих ходов поршней, а предпочтительно и степеней сжатия.

2. Выключением части цилиндров, что может реализовываться следующими путями.

а) Остановкой части поршней при вращающемся коленчатом вале.

б) Остановкой части коленчатого вала со своей частью поршней.

в) Выключением подач топлива при одновременном изменении или выключении газораспределения в отключаемых цилиндрах.

г) Выключением подач топлива в отключаемые цилиндры при сохранении неизменными прочих регулировок. Это наиболее простой способ, особенно, если выключается подача в одни и те же цилиндры.

д) Выключением подач топлива на время одного цикла (т. е. реализуется метод регулирования работы дизеля выключением—включением отдельных циклов).

Очевидно, что реализация большинства из этих способов требует создания новой конструкции двигателя, что дорого, сложно и требует значительного времени. И только варианты (г) и (д) могут быть реализованы сравнительно просто, причем, модернизационным путем.

Существо метода заключается в том, что уменьшение рабочего объема двигателя при малой нагрузке приводит к уменьшению коэффициента избытка воздуха, что повышает индикаторный КПД двигателя в соответствии с его регулировочной характеристикой по составу смеси. Увеличение подач топлива в активных (оставшихся в работе) цилиндрах дизеля повышает коэффициент приспособляемости, устойчивость режима, качество распыливания

— распределения топлива по камере сгорания, что также увеличивает экономичность.

Для реализации метода отключением подач топлива предложены различные средства. Большинство из них обеспечивают отключение всегда одного и того же числа и одних и тех же цилиндров, что снижает эксплуатационную эффективность их применения, так как снижается межремонтный срок работы двигателя из-за тех цилиндров, которые все время работают, да еще и с повышенной нагрузкой. Лишь системы с электронным регулированием, например, типа Common Rail, позволяют оперативно изменять количество, порядок работы цилиндров и продолжительность их выключенного состояния. Отключение и управление отключением цилиндров топливных систем наиболее распространенного разделенного типа представляет известную проблему.

В РУДН создана система топливоподачи [1, 2] с устройством отключения цилиндров (рис. 1), предназначенная для модернизационного оснащения существующих дизелей с топливными системами разделенного типа.

Работа системы происходит следующим образом. При отсечке подачи топлива насосом высокого давления *4*, когда нагнетательный клапан *5* ТНВД своим разгрузочным пояском входит в седло и формирует в ЛВД 6 волну пониженного давления (или разрежения), клапан РНД *7* открывается, смещаясь внутрь объема ЛВД, а электромагнитная катушка *8*, включенная до начала отсечки, удерживает клапан в открытом

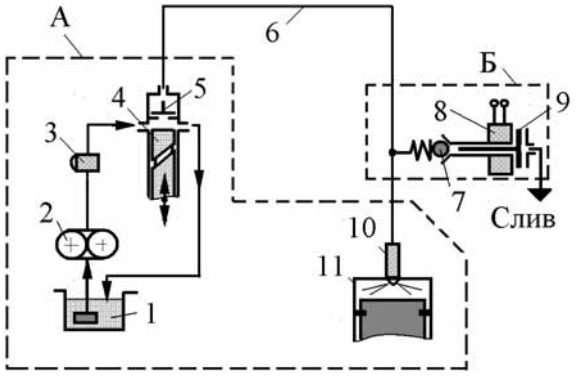



**Рис. 1. Схема системы топливоподачи с устройством отключения цилиндра:**

*А* — штатная система топливоподачи, *Б* — дополнительный узел отключателя цилиндра, *1* — топливный бак, *2* — топливоподкачивающий насос, *3* — топливный фильтр, *4* — плунжер ТНВД, *5* — нагнетательный клапан, *6* — линия высокого давления (ЛВД), *7* — клапан регулирования начального давления (РНД), *8* — электромагнитная катушка, *9* — магнитная пластина, *10* — форсунка, 11 — цилиндр

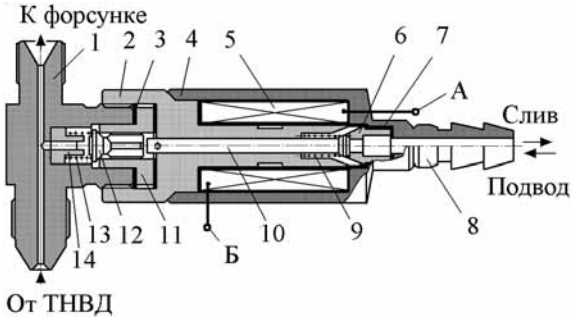



**Рис. 2. Конструктивная схема узла отключения подачи топлива системы отключения цилиндров или циклов (СОЦЦ) и регулирования начального давления (РНД):**

*А*, *Б* — подвод электропитания (24 В) к электромагнитной катушке, *1* — дополнительный участок ЛВД, включаемый вблизи штуцера ТНВД, *2* — корпус, *3* — уплотнение, *4* — кожух электромагнита, *5* — электромагнит, *6* — магнитный элемент, *7* — уплотнение, 8 — ниппель отвода—подвода топлива, *9* — возвратная пружина малой жесткости, *10* — шток, 11 — седло клапана РНД, *12* — клапан РНД (регулирования начального давления), *13* — пружина клапана, 14 — ограничитель хода клапана РНД

состоянии. При новом цикле топливоподачи подаваемое плунжером топливо не поступает к форсунке, а стравливается в линию низкого давления. Цилиндр будет отключен. После снятия напряжения с катушки клапан РНД закроется, и продолжатся процессы топливоподачи, причем, с созданием в ЛВД повышенного и стабилизированного начального давления [3].

Схема узла отключателя приведена на рис. 2.

Работа отключателя происходит следующим образом. При отсечке подачи топлива насосом высокого давления, когда в ЛВД формируется волна пониженного давления (или разрежения), клапан РНД *12* открывается (смещается до ограничителя *14* его хода), а электромагнитная катушка *5*, включенная заранее, притягивает магнитный узел *6*, который своим штоком *10* нажимает на клапан РНД *12* и удерживает его в открытом состоянии.

При новом цикле топливоподачи насосом высокого давления подаваемое плунжером топливо не поступает к форсунке, а стравливается по каналам клапана РНД *12* между электромагнитом и корпусом и по ниппелю *8*.

В режимах, когда цилиндр является активным, т. е. он работает, напряжение на электромагнит *5* не подается. В этом случае, при отсечке подачи, когда нагнетательный клапан ТНВД формирует в ЛВД волну пониженного давления, клапан *12* открывается и топливо из линии низкого давления входит в ЛВД, повышая там начальное давление перед очередным циклом топливоподачи. Благодаря работе

клапана регулирования начального давления (РНД) переходные процессы в системе топливоподачи будут устранены, процессы топливоподачи стабилизированы и интенсифицированы. Кроме того, повышенная производительность топливоподач в активные цилиндры улучшает протекание скоростных характеристик двигателя, повышая коэффициенты приспособляемости и устойчивость режимов [4].

Таким образом, повышение экономичности режимов малых нагрузок достигается обогащением горючей смеси в активных цилиндрах до уровня повышенных индикаторных КПД, а также повышением качества, равномерности и стабильности топливоподач.

Для оценки возможности повышения экономичности режимов МН дизеля изменением рабочего объема (путем отключения топливоподач в отключаемые цилиндры) применена методика, основанная на анализе универсальных характеристик дизеля по удельному эффективному расходу топлива, перестроенных в координаты: удельная работа, которая меняется в процессе регулирования рабочего объема, — частота вращения. Методика проанализирована на примере дизеля КамАЗ, на котором ранее выполнены экспериментальные исследования [5, 6].

Пусть дизель КамАЗ-7406 (8 ЧН 12/12) на всех восьми активных цилиндрах работает на режиме с низким эффективным крутящим моментом $M_{e.8} = 80$ Н·м при $n = 1200$ 1/мин. Дизель имеет $V_h = 1{,}36$ дм$^3$, $iV_h = 10{,}85$ дм$^3$. При этом $g_e = 350$ г/(кВт·ч). Оценим, какими будут удельные расходы топлива тем же дизелем, если он будет работать на том же режиме (по частоте и внешней нагрузке) с числом активных цилиндров $z = 6, 4, 2$. Т. е. двигатель регулируется изменением рабочего объема ($zV_h$).

Полная работа, выполняемая на данном режиме полноразмерным дизелем (т. е. с числом активных цилиндров $i = 8$) равна:

$$L_{\text{полн}} = 2\pi M_e = 503 \text{ Дж}. \quad (1)$$

Такую же работу дизель должен выполнять при числе активных цилиндров $z < i$. Т. е. удельная работа дизеля с $z$ активными цилиндрами при выполнении той же полной работы, равна:

$$L_{\text{уд}} = L_{\text{полн}}/(zV_h) = 2\pi M_e/(zV_h). \quad (2)$$

Следовательно, удельные работы дизеля с разным числом активных цилиндров составят:

$$\text{при } z = 6 L_{\text{уд.6}} = 503/8{,}16 = 61{,}8 \text{ Дж/(дм}^3); \quad (3)$$

$$\text{при } z = 4 L_{\text{уд.4}} = 503/5{,}44 = 92{,}7 \text{ Дж/(дм}^3); \quad (4)$$

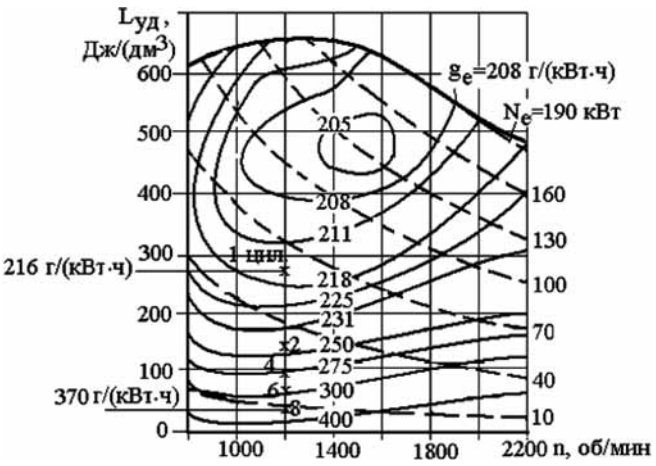



**Рис. 3. Универсальная характеристика дизеля КамАЗ-7406 (8 ЧН 12/12), перестроенная в координаты $L_{\text{уд}} - n$:**

*X* — режимы работы дизеля с числом активных цилиндров $z = 8, 6, 4, 2, 1$ при одинаковой малой нагрузке порядка 10 % от полной и при $n = 1200$ мин$^{-1}$

$$\text{при } z = 2 L_{\text{уд.2}} = 503/3{,}72 = 135{,}5 \text{ Дж/(дм}^3). \quad (5)$$

При всех $i$ активных цилиндрах удельная работа двигателя составляет:

$$L_{\text{уд}} = L_{\text{полн}}/(iV_h) = 46{,}3 \text{ Дж/(дм}^3). \quad (6)$$

Тогда, с использованием универсальной характеристики, перестроенной в координатах $L_{\text{уд}} - n$ (рис. 3) получаем удельные эффективные расходы дизеля при разном числе активных цилиндров (и, следовательно, при разной удельной работе двигателя), а также относительные выигрыши в расходе топлива ($\Delta g_e$), определяемые по соотношению:

$$\Delta g_e = [g_{e,8} - g_{e,z})/g_{e,8}] \cdot 100 \%. \quad (7)$$

Способность дизеля работать на данном режиме на одном цилиндре проверена пересчетом на индикаторные показатели через механический КПД и показано, что поддержание такого режима одним цилиндром невозможно.

В широком диапазоне частот вращения получены следующие результаты (рис. 4).

Метод оценки экономичности проверен также с использованием опубликованных экспериментальных материалов фирмы BMW (двигатель BMW 8 Ч 9,3/9,3) [7]. Так, на нагрузочном режиме менее 25 % полноразмерный двигатель ($i = 8$) при $n = 1400$ мин$^{-1}$ имел $g_e = 450$ г/(кВт·ч), двигаясь со скоростью 95 км/ч. На том же режиме двигатель, работая на четырех цилиндрах, показал удельный расход

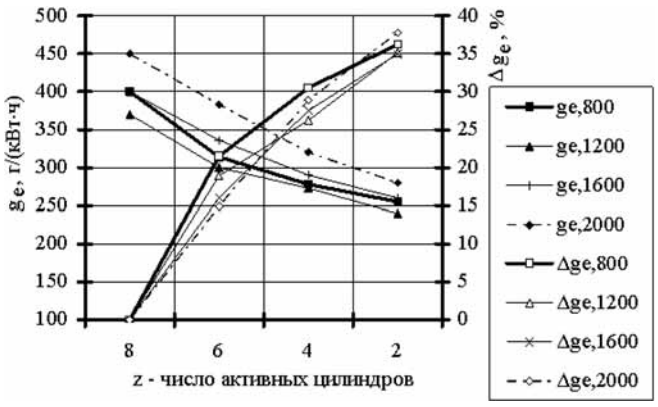



**Рис. 4. Дизель КамАЗ-7406 (8 ЧН 12/12):**

изменение $g_e$ и $\Delta g_e$ при реализации режима МН, т. е. $M_e$ = 80 Нм, при частотах вращения 800, 1200, 1600, 2000 мин$^{-1}$

380 г/(кВт·ч). По универсальной перестроенной характеристике ожидаемый расход составил 340 г/(кВт·ч). Т. е. отличие составило около 10 %. При этом следует отметить, что анализ по применяемой методике дает результаты, ожидаемые при мгновенном выключении и включении цилиндров.

Во многих случаях операции включения—выключения проводятся с учетом различных ограничений, связанных с особенностями машины, ее назначением и т. д. Например, плавность хода, ограничение крутильных колебаний и т. д. С учетом этих ограничений полученные оценочные выигрыши могут уменьшаться на величину до 50 % [8].

С помощью предложенной системы отключения цилиндров и циклов проведены экспериментальные исследования дизеля КамАЗ-740 и показано, что погрешность оценочного метода по универсальным характеристикам не превысила 12 %, что принято приемлемым для предварительных оценок.

По работе могут быть сделаны следующие выводы:

1. Подтверждена возможность повышения экономичности режимов малых нагрузок и холостых ходов дизеля КамАЗ-740 изменением его рабочего объема отключением части цилиндров или циклов выключением подач топлива.

2. Подтверждена работоспособность предложенной системы отключения цилиндров или циклов для регулирования дизеля с разделенной системой топливоподачи.

3. Подтверждена возможность оценки удельных эффективных расходов топлива и выигрышей в расходах по универсальным характеристикам дизеля, перестроенным в координатах: удельная работа—частота вращения.

4. Исследования показали возможности снижения удельных расходов топлива дизелем, работающим на режимах малых нагрузок, путем изменения его рабочего объема, на величины до 20—40 % от расхода штатного дизеля, работающего на том же режиме.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**


1. **А. с. 1694956** A1 СССР. М. Кл. F 02D 17/02, F 02M 63/02. Топливная система дизеля с отключаемыми цилиндрами / Н. Н. Патрахальцев, И. Ю. Олесов, В. А. Зудин, О. В. Камышников, М. В. Эммиль (СССР). — № 4700251/06, заявлено 05.06.89, опубл. 30.11.91. Бюл. № 44.
2. **Патрахальцев Н. Н., Ромеро А. В., Кальдерон Х. Г.** От отключения цилиндров — к отключению циклов // Автомобильная промышленность. 1995. № 11. С. 23—24.
3. **Патрахальцев Н. Н**. Дизельные системы топливоподачи с регулированием начального давления // Двигателестроение. 1980. № 10. С. 33—38.
4. **Ихеначо Ж. Ч., Патрахальцев Н. Н., Иванов В. К.** Результаты исследования корректирующей способности дизельной топливоподающей аппаратуры с регулированием начального давления // Двигателестроение. 1986. № 5. С. 29—31.
5. **Драгунов Г. Д., Мурог И. А., Медведев А. Н.** Эффективность отключения части цилиндров для повышения топливной экономичности дизеля КАМАЗ-740.10 // Двигателестроение. 2010. № 2 (240). С. 34—36.
6. **Валеев Д. Х., Гергенредер В. А., Олесов И. Ю.** Возможности улучшения экономических и экологических свойств дизелей КАМАЗ-740 отключением цилиндров и циклов на режимах холостых ходов и малых нагрузок // Двигателестроение. 1991. № 8—9. С. 62—69.
7. **Балабин В. Н.** Регулирование транспортных двигателей отключением части цилиндров. Монография. — М.: ГОУ "Учебно-методический центр по образованию на ж. д. транспорте". 2007.
8. **Peters G. F.** A Cylinder deactivation on 4 cylinder engines. A torsional vibration analysis. DCT 2007 — 11. — February 15, 2007. P. 10—15, 39.

# ПРАКТИКА

УДК 621.919
**В. А. Кузнецов**, д-р техн. наук, **И. В. Заболотная**, **А. В. Смирнов**, **Д. А. Сазонов**,
Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)
E-mail: antipenkov@mail.ru

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАКРО- И МИКРОГЕОМЕТРИИ ПРИ ВЫГЛАЖИВАНИИ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

*В статье рассмотрен метод моделирования и результаты экспериментального исследования обработки выглаживанием с использованием информации о качестве инструмента токарных пластин стандартной геометрии (SNMG) для автомобильной промышленности.*

***Ключевые слова:*** *моделирование, выглаживание, качество инструмента, рекомендации.*

Для отделочно-упрочняющий обработки поверхностным пластическим деформированием (ППД) изделий автомобильной промышленности в качестве выглаживателя предлагается использовать токарную пластину стандартной геометрии SNMG. Это позволяет осуществлять различные способы воздействия на обрабатываемую деталь: резание, пластическое деформирование и их сочетания. Данный метод впервые был исследован В. А. Кузнецовым и Э. И. Зубковым, которые предложили рассмотреть процесс выглаживания через систему взаимосвязанных характеристик: способа воздействия, кинематических характеристик, обрабатывающего инструмента, динамических и статических характеристик.

Обозначив в качестве предмета исследований статические характеристики, авторы пришли к выводам, что способ установки выглаживающего инструмента, выполненного в виде стандартной многогранной неперетачиваемой пластины (МНП) для обработки резанием оказывает существенное влияние на такие важнейшие параметры как:

1) технологические возможности процесса выглаживания;

2) достигаемые параметры качества деталей.

Определенный способ установки МНП равнозначен изменению ее геометрии, что позволяет использовать для реализации того или иного способа воздействия соответствующие рабочие участки МНП. Для выявления всех вариантов установки МНП в ра-

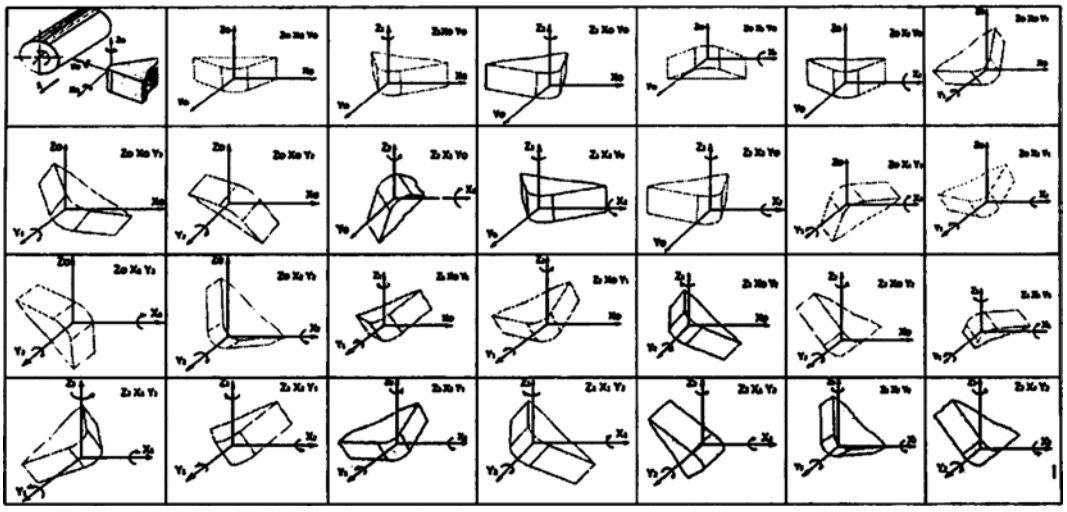


**Рис. 1. Общий вид и морфологическая таблица возможных способов установки МНП**

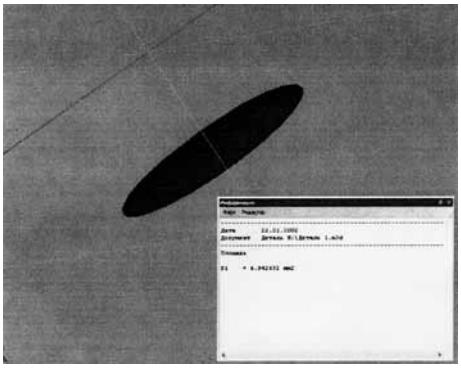


**Рис. 2. Измерение площади области контакта. В результате данных исследований были определены следующие зависимости (рис. 3—6):**

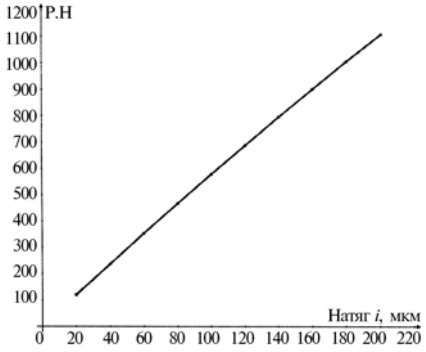



**Рис. 3. Зависимость силы выглаживания P от заданного натяга**

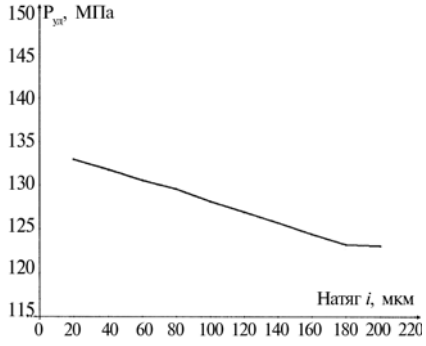



**Рис. 4. Зависимость величины удельного давления $P_{уд}$ от натяга**

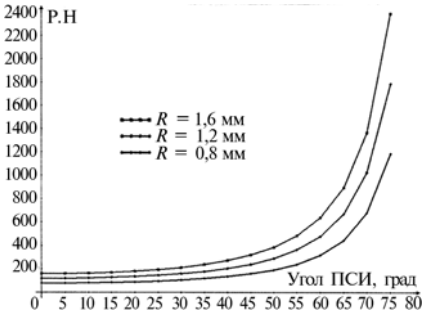



**Рис. 5. Зависимость силы выглаживания P от радиуса МНП**

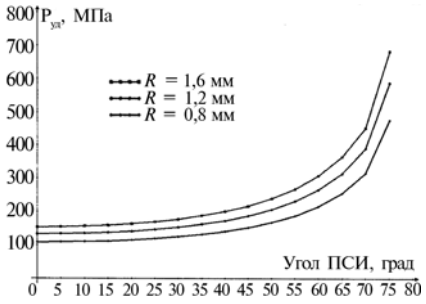



**Рис. 6. Зависимость величины удельного давления $P_{уд}$ от радиуса МНП**

ботах [1—3] был применен морфологический анализ. Проведенный анализ и морфологический синтез установки обрабатывающего элемента, выполненного в виде МНП, позволил получить морфологическую таблицу возможных способов установки МНП (рис. 1), содержащую общий вид и двадцать семь возможных способов установки МНП.

Каждый определенный способ установки обрабатывающего элемента рассматривается в трехкоординатной системе, в которой определенное положение рабочего элемента обеспечивается соответствующими углами поворота на некоторую величину вокруг одной, двух или трех осей по отдельности или одновременно.

На основании анализа литературных источников и проведенного морфологического синтеза способа установки обрабатывающего элемента можно сделать вывод о том, что для дальнейшего развития этого метода необходимо исследовать способы установки МНП, в которых поворот инструмента осуществляется вокруг осей $OY$ (на угол $\psi$) и $OZ$ (на угол $\varphi$).

В процессах обработки выглаживанием, площадь контакта инструмента и детали, а также ее геометрия (конфигурация) оказывают значительное влияние на параметры качества обработанной поверхности. Это влияние выражается в значительной зависимости контактного давления, интенсивности деформации, контактной температуры, силы выглаживания, силы трения и производительности процесса от площади и геометрии области контакта инструмента с деталью. Следовательно, площадь области контакта и ее конфигурацию (длину и ширину) можно использовать для расчета таких параметров процесса обработки, как сила выглаживания, контактное давление, коэффициент трения. Это в свою очередь, позволяет повысить качество обработанных поверхностей.

Моделирование контактного взаимодействия цилиндрической детали и инструмента (токарной пластины стандартной геометрии) было выполнено в программной среде твердотельного моделирования Компас 3Д (рис. 2) [4].

При проведении эксперимента использовалась специализированная технологическая оснастка, ус-

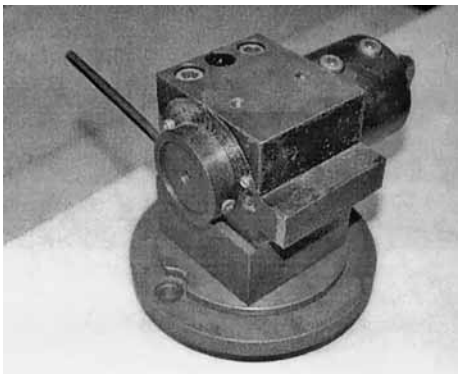


**Рис. 7. Специализированная технологическая оснастка, устанавливаемая на стандартный токарно-винторезный станок**

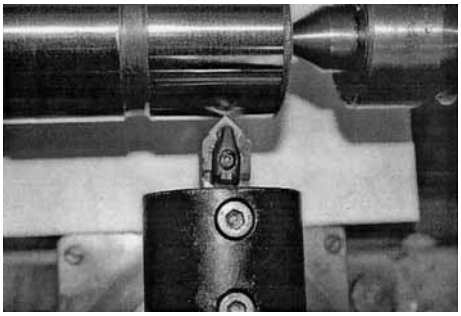


**Рис. 8. Процесс выглаживания образцов**

танавливаемая на стандартный токарно-винторезный станок (рис. 7 и 8).

Качество обработанных выглаживанием образцов оценивалось по следующим параметрам:

1) шероховатость Ra;

2) коэффициент изменения шероховатости K;

3) точность размера *d*;

4) отклонения формы детали $\Delta f$.

В качестве объектов для проведения исследования были использованы детали типа вал (диаметр 20...85 мм, длина 65...100 мм) из материалов Сталь 45, ШХ15, 75ХГСФ.

В качестве инструмента были использованы сменные многогранные пластины для токарной обработки Sandvik Coromant геометрии SNGN 12 07 12, выполнены из материалов 6190, 1690, 650, 670 (по классификации фирмы-производителя) [5].

Для исследования влияния режимов обработки на качество обработанных деталей, был проведен полный факторный эксперимент с тремя вырьируемыми факторами:

1) скорость выглаживания в диапазоне 25...55 м/мин;

2) подача в диапазоне 0,08...0,1 мм/об.;

3) заданный натяг в диапазоне 20...60 мкм.

Проведенные испытания позволили разработать технологические рекомендации по обработке выглаживанием наружных цилиндрических поверхностей с применением МНП.

Для получения поверхности с наименьшей шероховатостью:

- Скорость выглаживания — 50...150 м/мин;
- Заданный натяг — 20...60 мкм;
- Подача — 0,08 и менее (мм/об.);
- Угол $\varphi$ — 10...15 град.;
- Угол $\psi$ — 10...20 град.

Для получения поверхности с наибольшей точностью формы:

- Скорость выглаживания — 50...100 м/мин.;
- Заданный натяг — 60...100 мкм;
- Подача — 0,1 и более (мм/об.);
- Угол $\varphi$ — 5...10 град.;
- Угол $\psi$ — 5...7 град.

По результатам данного исследования были проведены производственные испытания метода выглаживания МНП и специального станочного приспособления, в соответствии с разработанными технологическими рекомендациями, на производственной базе ОАО "ОК-Лоза". В результате проведенных испытаний установлено, что точность, шероховатость и качество обработанной выглаживанием поверхности соответствует требованиям чертежей деталей, что позволяет применять разработанный процесс для обработки наружных цилиндрических поверхностей колец подшипников с целью повышения качества продукции.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. **Зубков Э. И.** Повышение эффективности выглаживания наружных цилиндрических поверхностей инструментом из минералокерамики. Дис. к. т. н. — М., 1992.
2. **Кузнецов В. А., Шеставин П. В.** Повышение эффективности выглаживания и комбинированной обработки за счет изменения способа установки инструмента. Известия МГТУ "МАМИ" № 2 (4), 2007 г.
3. **Кузнецов В. А., Шеставин П. В., Смирнов А. В., Сазонов Д. А.** Выглаживание деталей многогранными неперетачиваемыми пластинами. Автомобильная промышленность, № 10, 2010 г.
4. **Кузнецов В. А., Сазонов Д. А., Смирнов А. В.** Моделирование контакта инструмента с деталью при обработке выглаживанием в программной среде Компас 3D. Известия МГТУ "МАМИ" № 2 (12), 2011 г.
5. **Кузнецов В. А., Смирнов А. В., Сазонов Д. А., Заболотная И. В.** Исследования качества поверхности при выглаживании деталей многогранными неперетачиваемыми пластинами. МГТУ "МАМИ". 77-я Международная научно-техническая конференция "Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров", С. 71—74, 27—28 мая 2012 г.

УДК 656.073
**И. М. Рябов**, д-р техн. наук, профессор,
E-mail: rjabov1603@mail.ru,
**Д. М. Ханин**, магистрант, Волгоградский государственный технический университет
E-mail: sas-altair@yandex.ru

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА МЕЖДУГОРОДНОЙ ДОСТАВКИ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

*Проведен анализ процесса междугородной доставки молочной продукции, представлены предложения по ее совершенствованию.*

***Ключевые слова:*** *грузовые перевозки, логистика, молоко, молочные продукты, совершенствование, срок годности.*

Как известно, молочные продукты подвержены воздействию различных бактерий и отличается небольшими сроками и особыми условиями хранения. Это делает их трудными в доставке, так как требует быстроты процесса, с соблюдением строгого температурного режима. Современные технологии обработки молока и молочных продуктов позволяют добиться длительных сроков хранения за счет пастеризации и стерилизации, фасовки молока в тетрапакеты, где оно может сохраняться относительно долго. И даже, несмотря на это, существуют особые условия реализации молока как продукта с малым сроком хранения.

Для полноценной доставки молочных продуктов необходимо соблюсти следующие условия: во-первых, продукт должен храниться в стерильной посуде, желательно в темном месте. Во-вторых, необходимо соблюдать температурный режим. Грузоотправители (грузополучатели) обязаны предусматривать в договорах перевозку молока и молочных продуктов круглосуточно по графикам, согласованным между грузоотправителями, грузополучателями и автотранспортными предприятиями.

Принципиальная схема доставки молочной продукции на дальние расстояния представлена на схеме (рис. 1).

Производители продукции регулярно сталкиваются с проблемой потерь продукции, связанной с возвратом ее от дистрибьютора. Большинство причин возврата связаны с несоблюдением температурного режима транспортировки, поздней доставкой, малым остаточным сроком годности, нарушением упаковки и утратой товарного вида. Из схемы видно, что продукт претерпевает большое количество этапов ожидания, что негативно сказывается на желании посредников и конечных потребителей его приобретать. К тому же, частое выполнение складских операций с грузом увеличивает вероятность его повреждения.

**Рис. 1. Принципиальная схема доставки молочных продуктов**

С другой стороны, охлаждаемые склады в данном случае играют немаловажную роль в выравнивании объемов производства и потребления. К тому же, вследствие высокой стоимости перевозки молочных продуктов, связанной с использованием энергоемкого подвижного состава с рефрижераторными установками, становится рационально использовать промежуточные склады, как пункты охлаждения молочных продуктов.

Возникает противоречие между выбором увеличения длины ездки с грузом автомобиля, или частыми задержками продукции на промежуточных складах. Выгоднее ли производить промежуточное охлаждение груза или на всем пути следования использовать один подвижной состав? В общем случае, затраты на доставку можно описать следующим выражением:

$$\Sigma C = C_{\text{тр}} + C_{\text{ск}} + C_{\text{пот}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{тр}}$ — затраты, связанные с транспортировкой; $C_{\text{ск}}$ — затраты, связанные со складированием; $C_{\text{пот}}$ — затраты, связанные с потерями продукции.

Затраты, связанные с транспортировкой, включают в себя стоимость работы подвижного состава по перемещению груза и функционирования рефрижератора:

$$C_{\text{тр}} = C_{\text{пер}} + C_{\text{охл}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{пер}}$ — затраты на перевозку; $C_{\text{охл}}$ — затраты на использование охлаждающего устройства.

Первые определяются как:

$$C_{\text{пер}} = \sum_{i=1}^{N+1} (l_i \text{M} c_{\text{т}\cdot\text{км}}) = M c_{\text{т}\cdot\text{км}} \sum_{i=1}^{N+1} l_i = LM c_{\text{т}\cdot\text{км}}, \quad (3)$$

где $N$ — количество промежуточных складов на пути доставки; $l_i$ — длина $i$-го участка пути между промежуточными складами; $L$ — расстояние между складами производителя и клиента; $M$ — масса партии груза; $c_{\text{т}\cdot\text{км}}$ — стоимость 1 тонно-километра работы подвижного состава.

Количество промежуточных складов на затраты на перевозку влияния не оказывает.

Стоимость работы охлаждающего устройства в кузове подвижного состава выразим как:

$$C_{\text{охл}} = \sum_{i=1}^{N+1} t_{ni} c_{\text{охл}}(N) = T_{\text{тр}} c_{\text{охл}}(N) = \frac{L}{V_{\text{т}}} c_{\text{охл}}(N), \quad (4)$$

где $t_{ni}$ — время нахождения продукции в пути перед $i$-м промежуточным складом; $T_{\text{тр}}$ — суммарное время транспортирования; $V_{\text{т}}$ — техническая скорость; $c_{\text{охл}}(N)$ — стоимость 1 часа работы охлаждающего устройства при заданной мощности, обратно пропорционально зависящей от количества промежуточных складов.

Затраты, связанные со складированием включают в себя разгрузку продукции, хранение на складе и погрузку в подвижной состав. Все они прямо пропорциональны количеству промежуточных складов. Стоимость разгрузочных работ определяется выражением:

$$C_{\text{разгр}} = NMc_{\text{р}}, \quad (5)$$

где $c_{\text{р}}$ — стоимость разгрузки и тальманских услуг 1 тонны продукции.

Стоимость хранения продукции на промежуточном складе определяется выражением:

$$C_{\text{хр}} = \sum_{i=1}^{N} Mt_i c_{\text{хр}} = MT_{\text{с}} c_{\text{хр}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{с}}$ — суммарное время хранения продукции на складах; $t_i$ — время хранения продукции на $i$-м складе. Стоимость погрузочных работ определяется выражением:

$$C_{\text{погр}} = NMc_{\text{п}}, \quad (7)$$

где $c_{\text{п}}$ — стоимость погрузки и подготовительных работ 1 тонны продукции.

Долгая доставка приведет к тому, что товар попадет на прилавки с малым остаточным сроком годности, а покупатели, как правило, предпочитают покупать свежие молочные продукты. Значит, чем больший прошел период времени с даты производства, тем меньше вероятность, что данный товар будет приобретен. Многие клиенты при приближении окончания срока реализации возвращают данную продукцию производителю и выставляют предприятию счет за нереализованную продукцию. Таким образом, производитель несет логистические потери с нереализованной части партии продукции, состоящие из утилизации и перевозки данной продукции:

$$\begin{aligned} C_{\text{пот}} &= MD(T_{\text{д}}) c_{\text{прод}} + LMD(T_{\text{д}}) c_{\text{т}\cdot\text{км}} = \\ &= M(c_{\text{прод}} + Lc_{\text{т}\cdot\text{км}}) D\left(T_{\text{с}} + \frac{L}{V_{\text{т}}}\right) = \\ &= M(c_{\text{прод}} + Lc_{\text{т}\cdot\text{км}}) D\left(\sum_{i=1}^{N} t_i + \frac{L}{V_{\text{т}}}\right), \end{aligned} \quad (8)$$

где $c_{\text{прод}}$ — средняя цена 1 тонны молочной продукции; $D(T_{\text{д}})$ — функция зависимости доли нереализованной продукции от суммарного времени доставки. Здесь, увеличение количества промежуточных складов влечет за собой увеличение времени

доставки, а вместе с тем и долю нереализованной продукции.

Таким образом, суммарные логистические затраты:

$$\Sigma C = LMc_{\text{т}\cdot\text{км}} + \frac{L}{V_{\text{т}}}c_{\text{охл}}(N) + NMc_{\text{р}} + MNt_i c_{\text{хр}} + NMc_{\text{п}} + M(c_{\text{прод}} + Lc_{\text{т}\cdot\text{км}})D\left(\sum_{i=1}^{N} t_i + \frac{L}{V_{\text{т}}}\right). \quad (9)$$

При равных интервалах хранения продукции на промежуточных складах, выражение (8) выглядит так:

$$\Sigma C = LMc_{\text{т}\cdot\text{км}} + \frac{L}{V_{\text{т}}}c_{\text{охл}}(N) + NMc_{\text{р}} + M\sum_{i=1}^{N} t_{\text{ср}}c_{\text{хр}} + NMc_{\text{п}} + M(c_{\text{прод}} + Lc_{\text{т}\cdot\text{км}})D\left(Nt_{\text{ср}} + \frac{L}{V_{\text{т}}}\right), \quad (10)$$

где $t_{\text{ср}}$ — среднее время пребывания на промежуточном складе.

Зависимости необходимой мощности охлаждающего устройства $c_{\text{охл}}$ и доли нереализованной продукции $D$ от количества промежуточных складов $N$ сложны для исследования и нахождения точных значений. Целесообразно выводить выражения для их вычисления эмпирически на основе статистических данных.

Задача оптимизации здесь сводится к уменьшению суммарных затрат за счет варьирования количества промежуточных складов. В выражении (9) первое слагаемое не зависит от $N$, второе обратно пропорционально, а все остальные растут пропорционально количеству складов. Перегруппируем слагаемые в выражении (9) для дальнейшего составления выражений:

$$\Sigma C = NMc_{\text{р}} + NMt_{\text{ср}}c_{\text{хр}} + NMc_{\text{п}} + \frac{L}{V_{\text{т}}}c_{\text{охл}}(N) + M(c_{\text{прод}} + Lc_{\text{т}\cdot\text{км}})D\left(Nt_{\text{ср}} + \frac{L}{V_{\text{т}}}\right) + LMc_{\text{т}\cdot\text{км}} = NM[c_{\text{р}} + t_{\text{ср}}c_{\text{хр}} + c_{\text{п}}] + \frac{L}{V_{\text{т}}}c_{\text{охл}}(N) + M[c_{\text{прод}} + Lc_{\text{т}\cdot\text{км}}]D\left(Nt_{\text{ср}} + \frac{L}{V_{\text{т}}}\right) + LMc_{\text{т}\cdot\text{км}}. \quad (11)$$

Продифференцируем выражение (10) по $N$:

$$\frac{d}{dN}\Sigma C(N) = M[c_{\text{р}} + t_{\text{ср}}c_{\text{хр}} + c_{\text{п}}] + \frac{L}{V_{\text{т}}}\frac{d}{dN}c_{\text{охл}}(N) + M[c_{\text{прод}} + Lc_{\text{т}\cdot\text{км}}]\frac{d}{dN}D\left(Nt_{\text{ср}} + \frac{L}{V_{\text{т}}}\right). \quad (12)$$

Предполагая, что функция (10) имеет хотя бы одно экстремальное значение при некотором $N$, приравняем выражение (11) к нулю, чтобы найти те самые экстремальные значения аргумента:

$$\frac{d}{dN}\Sigma C(N) = M[c_{\text{р}} + t_{\text{ср}}c_{\text{хр}} + c_{\text{п}}] + \frac{L}{V_{\text{т}}}\left[\frac{d}{dN}c_{\text{охл}}(N)\right] + M\left[c_{\text{прод}} + Lc_{\text{т}\cdot\text{км}}\right]\left[\frac{d}{dN}D\left(Nt_{\text{ср}} + \frac{L}{V_{\text{т}}}\right)\right] = 0. \quad (13)$$

Обозначим для облегчения расчетов в выражении (12): $\left[\frac{d}{dN}c_{\text{охл}}(N)\right] = A$, $\left[\frac{d}{dN}D\left(Nt_{\text{ср}} + \frac{L}{V_{\text{т}}}\right)\right] = B$. Таким образом, оно упростится до:

$$M[c_{\text{р}} + t_{\text{ср}}c_{\text{хр}} + c_{\text{п}}] + \frac{L}{V_{\text{т}}}A + M[c_{\text{прод}} + Lc_{\text{т}\cdot\text{км}}]B = 0. \quad (14)$$

Выразим переменную $A$ в выражении (13) через переменную $B$:

$$A = -M\frac{V_{\text{т}}}{\alpha}[(c_{\text{р}} + t_{\text{ср}}c_{\text{хр}} + c_{\text{п}}) + (c_{\text{прод}} + Lc_{\text{т}\cdot\text{км}})B]. \quad (15)$$

Выражение (14) является условием наличия у функции суммарных затрат экстремального значения, которое может быть максимальным или минимальным для функции. Представим графически возможные характеры зависимости суммарных затрат от количества складов (рис. 2, *а* и 2, *б*). На рис. 2, *а* изображен случай, когда функция затрат имеет экстремум, причем ее производная имеет слева от точки экстремума отрицательное значение, а справа — положительное. Такой случай позволяет применять предлагаемый выше математический аппарат для оптимизации затрат. В случае отсутствия экстремальных значений (рис. 2, *б*), имеет смысл не использовать промежуточные склады

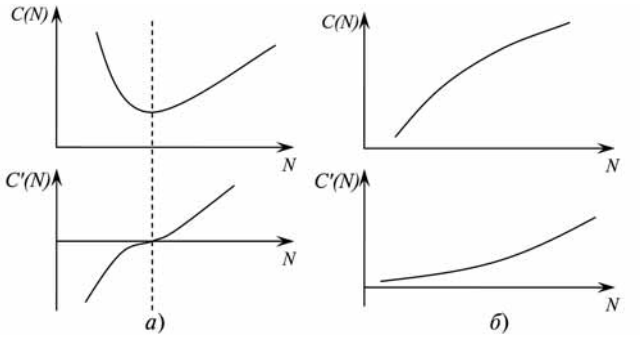



**Рис. 2. Возможные характеры зависимости суммарных затрат от количества складов (*а* — с экстремумом; *б* — неубывающая зависимость)**

вообще, так как суммарные затраты прямо пропорциональны их количеству.

В промышленных масштабах доставку молочных продуктов производят беспрерывно, но в строгом соответствии с графиком. Он согласовывается грузоотправителем, автотранспортным предприятием и получателем. Если молочная продукция отправляется на одном транспортном средстве сразу по нескольким адресам, то грузоотправитель должен заблаговременно подготовить груз так, чтобы он был расположен в автомобиле в порядке, соответствующем очереди разгрузки. Только так можно достигнуть максимальной рациональности разгрузочных работ.

Естественно, для перевозки молочных продуктов необходимо использовать только специализированный транспорт, на котором имеется маркировка, соответствующая перевозимому грузу. Автомобили, используемые для доставки молочной продукции, должны быть чистыми и без посторонних запахов. Кузов должен иметь гигиеническое покрытие, которое легко поддается мойке. Санитарный паспорт, выдаваемый на транспортное средство территориальным центром Госсанэпиднадзора, не должен быть просрочен. Его выдают на срок не больше 6 месяцев на каждый автомобиль.

Самый распространенный тип подвижного состава для перевозки молочных продуктов — рефрижератор. Однако охлаждающие устройства таких кузовов требуют больших энергозатрат и увеличивают издержки при перевозке. Гораздо более эффективным является использование холодоаккумуляторов. В качестве холодоаккумуляторов используют металлические емкости различной формы. Эти формы заполняют эвтектикой на 90—94 % их объема. Эвтектика представляет собой однородную смесь льда и соли, обладающую достаточно большой теплотой плавления. При перевозке стерилизованного молока, имеющего срок годности 6 месяцев и температуру хранения +20 °С, возможно использование тентованных кузовов и открытых бортовых автомобилей.

Какими бы совершенными не были современные технологические схемы доставки молочных продуктов, производители очень часто сталкиваются с потерями продукции. Причины потерь, как правило, связаны с несоблюдением температурного или временного режимов. Негодную в употребление продукцию грузополучатели возвращают обратно на заводы производителям. На ведущих молокоперерабатывающих предприятиях убытки от возвращенной продукции составляют около 2 % от всего объема продаваемой готовой продукции.

Анализ актов возврата позволяет выделить следующие наиболее частые причины: несоблюдение температурного режима транспортировки, поздняя доставка, малый остаточный срок годности, нарушение упаковки. В основе данных потерь лежат, как правило, логистические ошибки.

Несоблюдение температурного режима транспортировки является чаще всего следствием транспортных задержек, неисправности рефрижераторного оборудования, нарушения технологии погрузочно-разгрузочных работ и складирования. Задержки при доставке возникают по причинам технической неисправности подвижного состава и погрузочно-разгрузочных средств, загруженности автомобильных дорог и пунктов погрузки-разгрузки.

По технологическим схемам производства, некоторые молочные продукты сходят с конвейера, имея температуру большую, чем необходимо для хранения и транспортировки. Они должны быть охлаждены на складе в течение установленного ТУ срока до достижения необходимой температуры. Например, для ряженки этот срок составляет 3 суток. По истечении данного срока выпущенная продукция обычно находится на складе еще некоторое время до момента отгрузки клиенту.

Нарушение технологии и ошибки в производстве, хранении, халатность водителей при транспортировке и рабочих при погрузке-разгрузке ведут к повреждению упаковки продукта. В первом случае из-за нарушения химического состава продукции возможно выделение газов и повышение давления внутри упаковки и, как следствие, бомбаж. Во втором случае, упаковка получает механические повреждения — царапины, потертости, вмятины и нарушение герметичности.

Эти особенности заставляют логистику молочных продуктов не допускать просчетов в оперативном регулировании поставок. Наладив надежную и стабильную систему сбыта, логисты все равно непрерывно сталкиваются с непредвиденными проблемами, которые выражаются в больших финансовых потерях для предприятия. В данной статье авторами предложены возможные усовершенствования технологии перевозки молочных продуктов для увеличения надежности и уменьшения потерь.

В первую очередь, коснемся температурного фактора. Зачастую, между кузовом автомобиля и уплотнителем погрузочного окна есть зазор, через который в помещение склада проникает наружный те-

плый воздух. При закрытии кузова, по окончании процесса погрузки, температура воздуха внутри автомобиля может быть больше или меньше нормы. Для ликвидации данных проблем необходимо модифицировать погрузочные окна так, чтобы их уплотнительные элементы более плотно облегали кузов автомобиля и снизили конвективный теплообмен между воздухом в помещении и на улице. Поддержанию температуры будет способствовать и усиленное охлаждение погрузочной рампы для компенсации остающихся проникающих воздушных потоков.

Во-вторых, рассмотрим временные потери в процессе транспортирования молочной продукции. Как было отмечено, готовые молочные продукты перевозятся тарным способом. При этом отдельные единицы товара расфасованы в непрозрачные коробки по несколько штук, которые, в свою очередь, расположены на поддоне. Если возникает необходимость вручную проверить количество отгружаемой продукции, то этот процесс занимает большой промежуток времени для вскрытия всех упаковок и проверки наличия товара. Недостача в упаковке может быть связана с недочетом фасовщика или воровством продукции. Для ускорения пересчета предлагается использовать прозрачную пластмассовую упаковку или картонную с большим количеством отверстий.

Проблему малого коэффициента остаточного срока (КОС) можно смягчить за счет применения такой технологической схемы доставки, где продукт остывает последние часы срока охлаждения в кузове автомобиля, движущегося к клиенту. Таким образом, клиент будет получать готовые охлажденные молочные продукты с максимально возможным КОС. Однако такие меры повлекут за собой увеличение температуры внутри кузова, поэтому для соблюдения режима необходимо настраивать рефрижераторы внутри кузова автомобиля на усиленный режим охлаждения. Для контроля за исполнением перевозчиком температурных условий доставки рекомендуется использование устройств, записывающих показания температуры внутри с течением времени.

Используя приведенные решения, можно достичь более надежной системы доставки молочных продуктов. Из приведенной модели затрат видно, что задача оптимизации логистических расходов включает в себя, в том числе знание теории маркетинга и термодинамики. Немногие типы грузов имеют такие же сложности при доставке, как молочные продукты. Поэтому к вопросам совершенствования логистической системы доставки молочных продуктов необходимо подходить системно, с учетом взаимного влияния различных факторов.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**


1. **СанПиН 2.3.4.551—96** Производство молока и молочных продуктов. Охрана труда. Техника безопасности [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.tehbez.ru/Docum/DocumShow_DocumID_511.html
2. **СКЛАД ЗАКОНОВ** Общие правила перевозок грузов автомобильным транспортом (утв. Минавтотрансом РСФСР 30 июля 1971 г.) Часть 2 [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.6pl.ru/transp/oppg_at2.htm
3. **Транспортная логистика** [Текст]: учебник / под ред. Л. Б. Миротина. — 2-е изд., стер. — М.: Экзамен, 2005. — 511 с. — ISBN 5-472-00395-4.

УДК 658.261
**В. В. Гулый**, студент МАДИ
E-mail: GulyV.V@yandex.ru

# К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АТП И СТО

*Рассмотрен вопрос применения энергосберегающих технологий с целью минимизации затрат АТП и эффективного использования экологически чистой возобновляемой энергии. Рассмотрена важность и актуальность проведения энергетического аудита при проектировке и эксплуатации АТП и СТО.*

***Ключевые слова:*** *энергосбережение, энергоаудит, тепловой насос, система вентиляции, рекуперация, светодиодное освещение, геотермальная энергия.*

*(Рисунки на обложке: 2-я, 3-я, 4-я полосы)*

Я студент 4-го курса автомобильного транспортного факультета МАДИ и это моя сегодняшняя профессия! В этом учебном году мне удалось выиграть грант на проведение научно-исследовательской работы. Меня заинтересовала проблема энергосбережения и энергоаудита, применительно к автомобильному транспорту. В результате работы появилась статья, посвященная этой теме.

В настоящее время можно считать, что целый ряд экономических и социальных факторов будут способствовать усилению интереса отдельных граждан, сельскохозяйственного, производственного и коммунально-бытового секторов народного хозяйства России к приобретению и эксплуатации агрегатов и установок, использующих возобновляемые источники энергии. Федеральный закон Российской Федерации № 261-ФЗ 23 ноября 2009 года "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" определяет создание правовых, экономических и организационных основ стимулирования энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Большинство технологий и технических средств, используемых для преобразования нетрадиционных возобновляемых видов энергии (ВИЭ), не оказывают вредного воздействия на окружающую среду и могут считаться экологически чистыми. Выработка энергии на базе этих источников позволяет замещать значительные количества дефицитного органического топлива, исключить образование и негативное воздействие продуктов сгорания на среду обитания. В настоящее время многие виды ВИЭ уже конкурентоспособны на энергетическом рынке.

Внедрение современных энергосберегающих технологий равносильно производству энергоресурсов, и зачастую, именно оно представляет собой более рентабельный и экологически ответственный способ обеспечения растущего спроса на энергию. Современные технологии способны уменьшить потребление энергоносителей, снизить затраты на обслуживание, повысить КПД установок. Энергосберегающие технологии позволяют:

- снизить расходы на электроэнергию до 50 %;
- повысить производительность;
- сэкономить ресурс оборудования;
- снизить срок окупаемости объекта.

Мероприятия повышения эффективности энергосбережения, в частности, применяются при строительстве и эксплуатации АТП и СТО.

Важнейшим мероприятием по энергосбережению в зданиях становятся использование тепловых насосов и светодиодных ламп, а также применение систем вентиляции, имеющих функцию повторного использования тепловой энергии. Все вышеперечисленные меры позволяют уменьшить расход тепла на обогрев зданий и, соответственно, увеличить энергосбережение в них не менее чем на 40 %.

Таким образом, мероприятия по энергосбережению позволяют сэкономить большое количество энергоресурсов и снизить нагрузку на окружающую среду.

### Энергетический аудит

На сегодняшний день наиболее актуальной и востребованной услугой в секторе повышения энергетической эффективности предприятий является энергоаудит организаций (рис. 1).

Энергоаудит является тщательной проверкой текущего состояния сооружения и анализом полученных результатов с точки зрения энергетической эффективности. Предоставление технической информации в процессе осмотра и оценки помещений и зданий, и предложение технологических вариантов решений проблем, решение которых позволит повысить эффективность использования энергии предприятием.

Герметичность и сохранение тепла являются важными мерами контроля качества при строительстве или реконструкции здания. Потери тепла в зданиях составляют около 50 % от общего потребления энергии и могут происходить от утечки воздуха через трубы, чердаки, стены, вентиляционные отверстия и негерметичные окна/двери, ворота ремонтных постов АТП и СТО, особенно, предназначенные для ремонта грузовых автомобилей.

Без специального оборудования чрезвычайно трудно визуализировать утечки. Для определения областей инфракрасного излучения важным инструментом в выявлении проблемных зон, связанных с потерей энергии, отсутствием изоляции, неэффективной системой вентиляции и кондиционирования, отопления и многих других, является тепловизионная камера. Тепловизор определяет формы потери тепла, которые являются невидимыми невооруженным глазом. Он позволяет быстро выявить и устранить проблемные области, чтобы остановить дальнейшую потерю энергии (рис. 2).

### Система тепловых насосов

Устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой называется тепловым насосом. Они в основном используют тепло земли, тепло вытяжного вентиляционного воздуха и тепло сточных вод. Тепловые насосы являются ярким примером инновационного оборудования, обеспечивающего экономное и эффективное теплоснабжение. Тепловые насосы обеспечивают защиту окружающей среды, так как они не сжигают топливо и не производят вредных выбросов $CO_2$ в атмосферу. Внедрение и применение этого устройства при строительстве и эксплуатации СТО и АТП является перспективным направлением развития автотранспортного промышленного комплекса (рис. 3).

Геотермальные тепловые насосы являются высокоэффективными технологиями возобновляемой энергии, которые получают все более широкое признание как для жилых, так и коммерческих зданий. Геотермальные тепловые насосы предусматривают отбор тепла от грунта и используются для отопления и охлаждения, а также нагрева воды. Они концентрируют природное тепло земли, а не получают тепловую энергию путем сжигания топлива (рис. 4). Для расчета параметров первичного контура теплонасосной установки потребуется определить расход воды по формуле:

$$V_s = (Q_o \cdot 3600)/((1{,}05 \cdot 3{,}7t)), \quad (1)$$

где $t$ — разность температур между подающей и возвратной линиями, которую часто принимают равной 3К, а $Q_o$ — тепловая мощность, получаемая от низкопотенциального источника (грунт), кВт. Последняя величина рассчитывается как разница полной мощности теплового насоса $Q_{wp}$ и электрической мощности $P$, затрачиваемой на нагрев фреона:

$$Q_o = Q_{wp} - P. \quad (2)$$

Суммарная длина труб коллектора $L$ и общая площадь участка под него $A$ рассчитываются по формулам:

$$L = Q_o/q, \quad (3)$$

$$A = Ld_a. \quad (4)$$

Здесь $q$ — удельный (с 1 м трубы) теплосъем; $d_a$ — расстояние между трубами (шаг укладки).

Коэффициент теплопроводности грунта определяется по формуле:

$$a = \lambda_{гр}/((C_{гр}\rho_{гр})), \quad (5)$$

где $\lambda_{гр}$ — коэффициент теплопроводности грунта, Вт/(м · К), определяется по геологическим данным в зависимости от характера грунта; $C_{гр}$ — теплоемкость грунта, Дж/(кг · К); $\rho_{гр}$ — плотность грунта, кг/м$^3$.

Средние температуры грунта по месяцам на глубине 1,6 м для некоторых городов России даны в таблице.

Годовая себестоимость теплоты, получаемой от геотермального теплового насоса с горизонтальным расположением коллектора, определяется с учетом годовых эксплуатационных расходов (электроэнергию и воду, не учитывая амортизацию и текущий ремонт), руб./ГДж:

$$S_q = S/Q_{год}, \quad (6)$$

где $S$ — годовые эксплуатационные расходы; $Q_{год}$ — годовой отпуск теплоты установкой.

| Город | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Архангельск | 4,0 | 3,5 | 3,1 | 2,7 | 2,5 | 3,0 | 4,5 | 6,0 | 7,1 | 7,0 | 6,1 | 4,9 |
| Астрахань | 7,5 | 6,1 | 5,9 | 7,3 | 11 | 14,6 | 17,4 | 19,1 | 19,1 | 16,7 | 13,6 | 10,2 |
| Барнаул | 2,6 | 1,7 | 1,2 | 1,4 | 4,3 | 8,2 | 11,0 | 12,4 | 11,6 | 9,2 | 6,2 | 3,9 |
| Владивосток | 3,7 | 2,0 | 1,2 | 1,0 | 1,5 | 5,3 | 9,1 | 12,4 | 13,8 | 12,7 | 9,7 | 6,4 |
| Иркутск | –0,8 | –2,8 | –2,7 | –1,1 | –0,5 | –0,2 | 1,7 | 5,0 | 6,7 | 5,6 | 3,2 | 1,2 |
| Москва | 3,8 | 3,2 | 2,7 | 3,0 | 6,2 | 9,6 | 12,1 | 13,4 | 12,5 | 10,1 | 7,3 | 5,0 |
| Мурманск | 0,7 | 0,3 | 0 | –0,3 | –0,3 | 0,2 | 4,0 | 6,7 | 6,6 | 4,2 | 2,7 | 1,0 |
| Ростов-на-Дону | 8,0 | 6,6 | 5,9 | 6,8 | 9,9 | 12,9 | 15,5 | 17,3 | 17,5 | 15,8 | 13,0 | 10,0 |
| Салехард | 1,6 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 0,4 | 0,9 | 3,9 | 6,8 | 7,1 | 5,6 | 3,5 | 2,3 |
| Сочи | 11,2 | 9,8 | 9,6 | 11,0 | 13,4 | 16,2 | 18,9 | 20,8 | 21,0 | 19,2 | 16,8 | 13,5 |
| Хабаровск | 0,3 | –1,8 | –2,3 | –1,1 | –0,4 | 2,5 | 9,5 | 13,3 | 13,5 | 10,9 | 6,7 | 3,0 |
| Ярославль | 2,8 | 2,2 | 1,9 | 1,7 | 3,9 | 7,8 | 10,7 | 12,4 | 11,5 | 9,5 | 6,3 | 3,9 |

Тепловой насос характеризуется высокой эффективностью использования энергии. Эффективность тепловых насосов принято характеризовать величиной безразмерного коэффициента трансформации энергии Ктр или COP (*Coefficient of Performance*), т. е. отношения полученной полезной тепловой энергии и затраченной для работы ТН электрической (рис. 5) и (рис. 6).

Фактором в пользу этого решения является величина капитальных затрат на устройство низкотемпературного контура теплового насоса: работа не требует специальной квалификации персонала или спецоборудования, кроме экскаватора, а также большая открытая площадь территории АТП позволяет использовать этот тип теплового насоса.

### Система вентиляции

Система вентиляции — это комплекс оборудования, предназначенного для подачи свежего и чистого воздуха, а также удаления загрязненного, отработанного воздуха из помещения. Основная функция — воздухообмен, необходимый для ассимиляции избытков тепла, влаги и вредных веществ в помещении с целью обеспечения допустимых параметров микроклимата и чистоты воздушной среды в обслуживаемом помещении или рабочей зоне, удовлетворяющих санитарно-гигиеническим, технологическим и экономическим требованиям (рис. 7).

Особое место в системах вентиляции занимает рекуперативная вентиляция. Система вентиляции с рекуперацией тепла позволяет обеспечить помещение чистым воздухом с комфортной температурой, уменьшая тем самым нагрузку на системы отопления.

Работа рекуперативной системы заключается в том, что воздух, перед тем как выйти из помещения наружу, попадает в теплообменник (рис. 8).

Проходя через него, воздух передает большую часть избытка своего тепла потоку воздуха, который поступает снаружи. Так происходит в зимний период. В летний период происходит обратный процесс — теплообменник охлаждает поступающий снаружи воздух, используя для этой цели охлажденный воздух, выходящий из помещения.

Эффективность теплопередачи блока рекуперации может быть выражена как:

$$\mu_t = (t_2 - t_1)/(t_3 - t_1), \quad (7)$$

где $\mu_t$ — температура эффективность теплопередачи; $t_1$ — температура наружного воздуха перед теплообменником, ˚С; $t_2$ — температура наружного воздуха после теплообменника, ˚С; $t_3$ — температура внутреннего воздуха до теплообменника, ˚С.

Эффективность переноса влаги из рекуператора может быть выражена как:

$$\mu_в = (y_2 - y_1)/(y_3 - y_1), \quad (8)$$

где $\mu_в$ — эффективность влагопереноса; $y_1$ — влажность воздуха перед теплообменником, кг/кг; $y_2$ — влажность воздуха после теплообменника, кг/кг; $y_3$ — влажность воздуха до теплообменника, кг/кг.

Эффективность энтальпии теплопередачи рекуператора может быть выражена как:

$$\mu_э = (H_2 - H_1)/(H_3 - H_1), \quad (9)$$

где $\mu_э$ — энтальпия эффективности теплопередачи; $H_1$ — энтальпия воздуха перед теплообменником, кг/кг; $H_2$ — энтальпия воздуха после теплообменника, кг/кг; $H_3$ — энтальпия воздуха перед теплообменником, кг/кг.

При такой организации системы вентиляции, мощность, которая тратится на подогрев или охлаждение поступающего снаружи воздуха ощутимо меньше, чем при использовании других видов вентиляционных систем. Ее можно использовать не только в производственных помещениях или цехах АТП и СТО, но также и в административно-бытовых поме-

щениях. Система рекуперации — один из ключевых энергосберегающих элементов, ее внедрение позволяет существенно повысить качество воздуха по санитарным показателям и показателям влажности.

### Светодиоды

Светодиоды — одна из самых энергоэффективных и быстро развивающихся технологий сегодняшнего дня. Осветительные светодиоды, представленные светодиодами поверхностного монтажа (SMD), высокой яркости (HB) и высокой мощности (HP) — это надежные устройства, способные обеспечить нужный уровень освещенности и обладающие световым потоком, равным или превосходящим световой поток традиционных источников света.

Все осветительные светодиоды имеют одинаковую базовую конструкцию. Они включают в себя полупроводниковый чип (или кристалл), подложку, на которую он устанавливается, контакты для электрического подключения, соединительные проводники для подсоединения контактов к кристаллу, теплоотвод, линзу и корпус (рис. 9).

Осветительные светодиоды снабжаются корпусом для прямого припаивания к поверхности, что обеспечивает отвод тепла, генерируемого светодиодом. Хороший теплоотвод необходим для обеспечения температурного режима и нормальной работы светодиода.

Расход электроэнергии на освещение в течение года определяется по формуле:

$$W_{\text{осв}} = RF_yT, \qquad (10)$$

где $R$ — норма расхода электроэнергии на освещение 1 м$^2$ площади участка, (Вт · ч)/м$^2$; $F_y$ — площадь участка, м$^2$; $T$ — время освещения в году, ч.

Использование энергосберегающих ламп позволит уменьшить расход электроэнергии на освещение всех помещений АТП на 75—80 %.

Светодиодные лампы имеют множество преимуществ по сравнению с традиционными методами освещения. К ним относятся:

- Низкое потребление энергии — в диапазоне от 0,83 до 7,3 Вт
- Длительный срок службы — светодиодная лампа может прослужить до 50 000 часов
- Прочность — светодиодные лампы устойчивы к тепловому воздействию (от –40 до 185 °С) и колебательным ударам
- Направленное распределение света — хорошо подходит для внутреннего освещения
- Нет инфракрасного или ультрафиолетового излучения — отлично подходит для использования вне помещений
- Безопасны и экологичны — светодиоды не содержат ртути и не нагреваются
- Полностью регулируемая яркость — светодиоды не меняют свой цвет
- Диапазон цветов — светодиоды могут распространять все цвета спектра без фильтров (рис. 10) и (рис. 11).

Модернизация зданий за счет энергосберегающих систем освещения позволяет сэкономить энергию, снизить эксплуатационные расходы и повысить производительность и безопасность труда, в то же время сохраняя окружающую среду.

### Заключение

В настоящее время до 80 % информации обрабатывается визуально. Это приводит к тому, что выбор освещенности имеет все более и более значительное влияние на адекватную обработку информации. Улучшения микроклимата на рабочем месте можно достичь внедрением энергосберегающих технологий. Тепловые насосы и современная вентиляция улучшат условия работы сотрудников не только в административно-бытовых помещениях зданий АТП и СТО, но также и в цехах обслуживания автомобилей. Помимо того, что новые технологии действительно влияют на личное благополучие и здоровье, они также имеют положительное влияние на мотивацию и производительность и соответствуют требованиям гигиены и охраны труда.

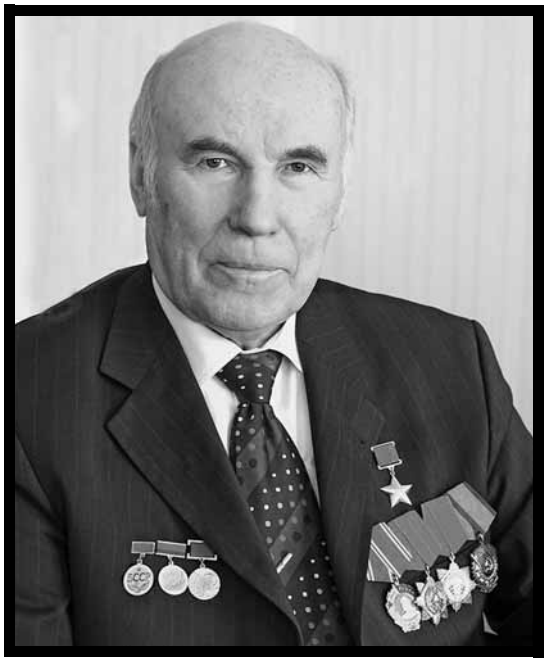
Улучшение микроклимата на рабочих местах предприятия в любое время года позволит улучшить комфорт и создать условия, необходимые для хранения транспортных средств. Помимо эргономических факторов улучшения, применение новых систем отопления, вентиляции и освещения позволит предприятию понизить выбросы вредных веществ в атмосферу и извлечь экономическую выгоду, уменьшив затраты на энергию.

Рост цен на энергию и экологическая обстановка в мире заставляют владельцев предприятий задумываться о применении новых технологий как в строительстве, так в эксплуатации. С течением времени актуальность внедрения экологически чистых энергосберегающих технологий будет только расти.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**


1. **Рей Д., Макмайкл Д**. Тепловые насосы. — М.: Энергоиздат, 1982.
2. **Тепловые насосы** — высочайшая энергоэффективность, Академия Виссманн, 2012 г., Россия.
3. **Электронный журнал** энергосервисной компании (Экологические системы), 2010 г., Россия.
4. **Горелик Я. Б.** Стационарные температурные поля вокруг скважины [Текст] / Я. Б. Горелик, М. И. Дзик // Энергетика. Известия академии наук. — 1994. С. 147—154.
5. WWW. YANDEX.RU

# Ушел из жизни МИХАИЛ СТЕПАНОВИЧ ВЫСОЦКИЙ, совсем недавно отметивший свое 85-летие



Член редакционного совета журнала "Грузовик" со дня его основания, Михаил Степанович очень тонко понимал значение отраслевой прессы для транспортного комплекса страны — сначала СССР, а затем Российской Федерации и Республики Беларусь.

На протяжении всей своей жизни М. С. Высоцкий решал актуальные и неотложные задачи машиностроения. Коллеги признавали его заслуги конструктора и ученого в деле развития белорусского машиностроения. Он был своего рода гарантом обеспечения единой технической политики по созданию в республике конкурентоспособной автомобильной техники, отвечающей мировому уровню.

До последних дней Михаил Степанович занимал пост генерального конструктора по автомобильной технике Республики Беларусь.

Заслуги М. С. Высоцкого как конструктора и ученого были по достоинству оценены. Михаил Степанович — Герой Беларуси, награжден орденами Ленина и Трудового Красного Знамени, белорусскими орденами Отечества II и III степеней. М. С. Высоцкий — единственный в Беларуси заслуженный работник промышленности СССР, заслуженный деятель науки и техники БССР, почетный гражданин г. Минска. В 2002 году М. С. Высоцкий был удостоен благодарности Президента Российской Федерации В. В. Путина за образцовое выполнение воинского долга и самоотверженное служение Отечеству.

Международный Биографический центр в Кембридже в 1997 году присвоил М. С. Высоцкому почетное звание "Человек года", а американский Биографический институт в том же году включил его имя в список 5000 ученых мира, внесших большой вклад в развитие науки XX века.

*Редакция журнала "Грузовик" выражает глубокие соболезнования родным и близким Михаила Степановича ВЫСОЦКОГО.*

# ABSTRACTS OF ARTICLES


**2** *Stepuk O., Semko S., Zujonok A., Urbanovich A., Shestakov S.* The "Belaz-Holding" company production
The "Belaz-Holding" company production is videly represented; the technical properties of heave transport made by the company are displayed.
**Keywords:** lare dumpers, bulldozers, loaders, prime movers, refuellers, mining transport, railway carriages

**31** *Patrakhaltev N., Nikishin I., Petrunya I.* Rising of efficiency of diesel KamAZ-740 low load regimes by variation of it displacement
There carried out an analysis of opportunities of fuel economy of diesel KamAZ-740 en regimes of low loads by variation of it displacement by means of disconnection some cylinders. The analysis is carried out by means of universal characteristics, converted in coordinates: specific work — speed
**Keywords:** diesel, regimes of low load, cut-off of cylinders and cycles, variation of displacement of engine

**35** *Kuznetsov V., Zabolotnaya I., Smirnov A., Sazonov D.* Engineering support of the parameters of macro- and micro-geometry by smoothing the outer cylindrical surface of machine parts
This paper presents a method of modeling and experimental study of smoothing treatment using information as a tool for turning plates standard geometry (SNMG) for the automotive industry.
**Keywords:** modeling, smoothing, quality tools, and recommendations

**38** *Ryabov I., Khanin D.* Improvement of the process of interurban dairy products delivery
In this paper the process of interurban delivery of dairy products is analyzed, several suggestions to improve them are presented.
**Keywords:** cargo transportation, logistics, milk, dairy products, improvement, expiration date

**38** *Goulyj V.* About the use of energy conservative technology in construction and exploitation in the automotive industry and vehicle service stations
The use of energy conservative technology as a means of minimizing expenses in the automotive industry and the effective use of ecological safe recycled energy is been analyzed. The vital and aims of carrying out energy auditing in the process of construction and exploitation in the automotive industry and service stations is considered.
**Keywords:** energy conservation, energy audit, heat pump, ventilation systems, recycling (recuperation), light-diode illumination, geothermic energy



Художественный редактор *Т. Н. Галицына.* Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Е. В. Комиссарова*
Сдано в набор 04.03.2013. Подписано в печать 29.04.2013. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5.88.
Отпечатано в ООО «Белый ветер», 115407, г. Москва, Нагатинская наб., д. 54, пом. 4