

DOI: 10.34220/2311-8873-2022-120-131



УДК: 622.684+656.07+658.286

2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО СПОСОБА ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ КАРЬЕРНЫХ АТС

✉¹**Семыкина Алла Сергеевна**
ассистент кафедры эксплуатации и организации движения автотранспорта Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, РФ
e-mail: fantarock@mail.ru

Аннотация.

Проведен сравнительный анализ параметров эффективности обкаточно-тормозного и бестормозного способов нагружения двигателя карьерных АТС. Установлено, что после проведения капитального ремонта для исследуемой модели двигателя карьерного автомобильного транспорта необходимо проводить его обкатку бестормозным способом нагружения. После проведения бестормозной обкатки ресурс двигателя увеличивается по сравнению с двигателями, не прошедшими обкатку или прошедшими обкатку только на холостом ходу.

Ключевые слова: КАРЬЕРНЫЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ, АВТОСАМОСВАЛ, ДВИГАТЕЛЬ, ОБКАТКА ДВИГАТЕЛЯ, СПОСОБЫ НАГРУЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ.

¹*Автор для ведения переписки*

DETERMINATION OF EFFECTIVE METHOD OF RUNNING-IN OF QUARRY PBX ENGINES

✉¹**Semykina Alla Sergeevna**
assistant of the department of operation and organization of motor transport of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, RF
e-mail: fantarock@mail.ru

Annotation.

A comparative analysis of the parameters of the efficiency of the rolling-braking and non-brake methods of loading the engine of quarry PBX is carried out. It is established that after major repairs for the investigated model of the engine of a quarry motor transport, it is necessary to carry out its run-in by a formless loading method. After a non-brake run-in, the engine life increases compared to engines that have not been run-in or have been run-in only at idle.

Keywords: QUARRY MOTOR TRANSPORT, DUMP TRUCK, ENGINE, ENGINE RUNNING-IN, METHODS OF LOADING THE ENGINE.

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Карьерный автомобильный транспорт эксплуатируется в сложных нагрузочных режимах и природных условиях. К двигателям карьерных автосамосвалов предъявляются высокие требования по обеспечению надежности [1]. Для перевозки полезных ископаемых, железорудного сырья и вскрышных пород требуется обеспечение эффективности безотказной работы карьерных самосвалов. Поэтому необходимо вести контроль за техническим состоянием карьерных автомобилей и предотвращать возникновение сложных ремонтов, сопровождающихся длительными простоями транспорта в ремонте, т.к. это влечет значительные материальные и временные потери в производственном процессе горно-обогатительных комбинатов [2].

Эксплуатация карьерных автомобилей сопровождается частыми отказами и неисправностями двигателя из-за увеличенного нагрузочного режима, разных условий эксплуатации, углубления самих карьеров, уменьшения рабочих площадок, частого маневрирования, запы-

ленности и загазованности вследствие работы горного оборудования и взрывных работ и т.д. [3]. Для восстановления работоспособного состояния двигателя проводят планово-предупредительный, текущий и капитальный ремонты. После проведения капитального ремонта двигателей карьерного автомобильного транспорта необходимо проводить его обкатку [4]. Обкатка двигателя большегрузной техники проводится для притирания поверхностей деталей. Необходимость в обкаточных испытаниях подтверждается занятием правильного положения движущихся деталей с равномерным распределением нагрузки относительно друг друга. Это позволит принять деталям нужную форму и уменьшит действующие силы на них.

В процессе работы двигателя происходит стирание микроскопических неровностей и шероховатости на поверхностях деталей вследствие действия высоких температур и сил трения [5, 6]. Попадание мельчайших частиц металла в масло снижают работоспособность двигателя и могут привести к его полному отказу. Проведение обкатки двигателя после ремонта позволяет обеспечить притирку стенок цилиндров и поршневых колец, микрорельеф поверхности которых принимает более обтекаемую форму. В том числе следует учесть, что обкатка позволяет снизить нагрузку на карьерный автомобиль в целом и обеспечить его работоспособность и долговечность [7].

2 Материалы и методы

Обкатку можно произвести несколькими способами обкаточно-тормозным, бестормозным и при помощи буксировки [8]. Обкаточно-тормозной способ нагружения требует применение стенда определенной мощности в зависимости от технических характеристик самого двигателя.

Бестормозной способ нагружения предполагает применение устройства для бестормозной обкатки, позволяющего ограничивать подачу топлива в цилиндры двигателя. В качестве нагрузки на испытуемый двигатель служит собственное сопротивление в сочетании с выключением части цилиндров.

Обкатка при помощи буксировки подразумевает обкатку неработающего двигателя автомобиля, сцепленного с помощью буксировочного троса с буксировщиком. От вращения колес нагрузка передается на узлы и детали автомобиля. В результате передачи усилия происходит притирка сопрягаемых поверхностей [9].

Наибольшее применение для обкатки карьерного автомобильного транспорта находят обкаточно-тормозной и бестормозной способы нагружения.

3 Результаты исследований

Эффективность обкатки двигателя с помощью стенда и бестормозной обкаткой определяется путем сравнительного анализа параметров рассматриваемых способов нагружения. Режимы обкаточно-тормозного и бестормозного способов нагружения отличаются между собой по стадиям, частоте вращения коленчатого вала и прилагаемым нагрузкам. Для определения эффективного способа обкатки рассматривались двигатели MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309, которые подвергались капитальному ремонту по причине возникновения неисправностей гильзо-поршневой группы.

Карьерные самосвалы БЕЛАЗ-75309, грузоподъемностью 220 тонн, предназначены для перевозки горной массы в сложных горнотехнических условиях глубоких карьеров, на открытых разработках месторождений полезных ископаемых по технологическим дорогам в различных климатических условиях эксплуатации [10]. Данные автосамосвалы используются для перевозки железорудного сырья от временного пункта хранения до перегрузочной площадки, т.е. до места загрузки железнодорожных составов [11].

К параметрам обкаточно-тормозного и бестормозного способов нагружения относят максимальную частоту вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} , степень приработки двигателей, равномерность и устойчивость работы цилиндров, мин^{-1} , уплотняющую способность гильзо-поршневой группы, %, крутящий момент для проворачивания коленчатого вала

двигателя в сборе перед процессом его обкатки и после, Нм.

Оцениваемый параметр способов нагружения «частота вращения коленчатого вала», мин^{-1} , определяется при работе одной половины цилиндров двигателя. Частота вращения коленчатого вала определяется по показаниям диагностического прибора, подключаемого к ЭБУ ДВС. Погрешность измерения частоты вращения коленчатого вала определена особенностью устройства задающего реперного диска коленчатого вала, с которого происходит считывание сигналов датчиком коленвала [12]. Реперный диск коленчатого вала имеет 64 зуба. Таким образом, относительная погрешность, при измерении положения реперного диска относительно датчика коленвала, определяется по формуле, %:

$$\delta = \frac{\Delta}{x_1} 100, \quad (1)$$

где Δ – абсолютная погрешность считывания зубьев, равная половине зуба; x_1 – количество зубьев реперного диска;

$$\delta = \frac{0,5}{64} 100 = 0,8.$$

В результате экспериментальных исследований получены значения максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} , при работе одной части цилиндров, представленные на рисунке 1. Максимальная частота вращения коленчатого вала определяется поочередно с отключением подачи топлива то в одну, то в другую сторону [13]. Рекомендуемое максимальное значение частоты вращения коленчатого вала двигателя 1500 мин^{-1} [14]. Методика отключения группы цилиндров с последующим изучением влияния отключенных цилиндров на снижение частоты вращения коленчатого вала выполняется в соответствии со следующим регламентом:

- 1 К ЭБУ ДВС подключается диагностический прибор;
- 2 Двигатель запускается и прогревается до установившейся рабочей температуры охлаждающей жидкости и моторного масла;
- 3 С помощью диагностического прибора в режиме актив-теста, управляющего двигателем, устанавливается частота вращения коленчатого вала двигателя равная 1500 мин^{-1} ;
- 4 Фиксируется значение цикловой подачи топлива на каждую форсунку, а также действующие корректоры по карте алгоритма впрыска для каждого цилиндра. Значения вносятся в память диагностического прибора. Затем включается режим отмены адаптации параметров. Работа происходит на зафиксированных параметрах;
- 5 С помощью диагностического прибора вводится команда на отключение подачи топлива в группу цилиндров, согласно принятого порядка отключения цилиндров;
- 6 После отключения подачи топлива в группу цилиндров происходит снижение частоты вращения коленчатого вала в течение 3-10 с. Установившееся среднее значение частоты вращения фиксируется (табл. 1);
- 7 С помощью диагностического прибора вводится команда на возобновление подачи топлива в ранее отключенные цилиндры. После восстановления прежней частоты вращения коленчатого вала двигателя в течение 3-10 с., действия регламента с п. 5 до п. 7 продлеваются для другой группы цилиндров согласно принятого порядка отключения цилиндров [15].

В целях обеспечения репрезентативной статистической выборки, эксперимент с отключением группы цилиндров проводился с чередованием отключения групп цилиндров № 1-3-4-2-9-11-12-10 и № 5-7-8-6-13-15-16-14 по очереди один за другим [16]. Всего было выполнено 20 замеров по 10 на каждую группу отключенных цилиндров.

Полученные значения результатов эксперимента (рис. 1-4) не выходят за пределы доверительного интервала с шириной 5 мин^{-1} , как для двигателя, обкатанного методом бестормозной обкатки, так и для двигателя, обкатанного методом тормозной обкатки.

На основе этих полученных данных (табл. 1) сформированы доверительные интервалы результатов измерений, представленные на рисунках 1-4.

На рисунке 1 в виде доверительного интервала представлены значения результатов 10 измерений частоты вращения коленчатого вала двигателя после тормозной обкатки при отключенных цилиндрах № 1-3-4-2-9-11-12-10. Ширина доверительного интервала 5 мин^{-1} . Среднее значение частоты вращения коленчатого вала составляет 1275 мин^{-1} .

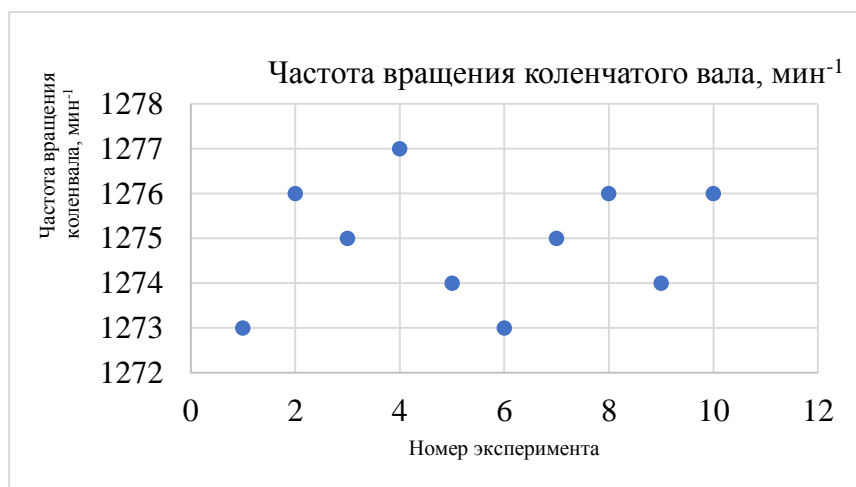


Рисунок 1 – Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} , при отключении группы цилиндров № 1-3-4-2-9-11-12-10 после тормозной обкатки

В таблице 1 отображены результаты экспериментов по замеру частоты вращения коленчатого вала двигателя после тормозной и бестормозной обкатки.

Таблица 1 – Результаты экспериментов по измерениям частоты вращения коленчатого вала двигателя с отключением групп цилиндров

Метод обкатки	Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1}									
	Тормозная с выключением цилиндров № 1-3-4-2-9-11-12-10	1273	1276	1275	1277	1274	1273	1275	1276	1274
Тормозная с выключением цилиндров № 5-7-8-6-13-15-16-14	1270	1272	1268	1271	1271	1273	1269	1268	1269	1269
Бестормозная с выключением цилиндров № 1-3-4-2-9-11-12-10	1358	1359	1358	1361	1363	1362	1358	1359	1360	1359
Бестормозная с выключением цилиндров № 5-7-8-6-13-15-16-14	1349	1352	1351	1350	1348	1348	1347	1350	1352	1352

На рисунке 2 в виде доверительного интервала представлены значения результатов 10 измерений частоты вращения коленчатого вала двигателя после тормозной обкатки при отключенных цилиндрах № 5-7-8-6-13-15-16-14. Ширина доверительного интервала 5 мин^{-1} . Среднее значение частоты вращения коленчатого вала составляет 1270 мин^{-1} .

На рисунке 3 в виде доверительного интервала представлены значения результатов 10 измерений частоты вращения коленчатого вала двигателя после бестормозной обкатки при отключенных цилиндрах № 1-3-4-2-9-11-12-10. Ширина доверительного интервала 5 мин^{-1} . Среднее значение частоты вращения коленчатого вала составляет 1360 мин^{-1} .

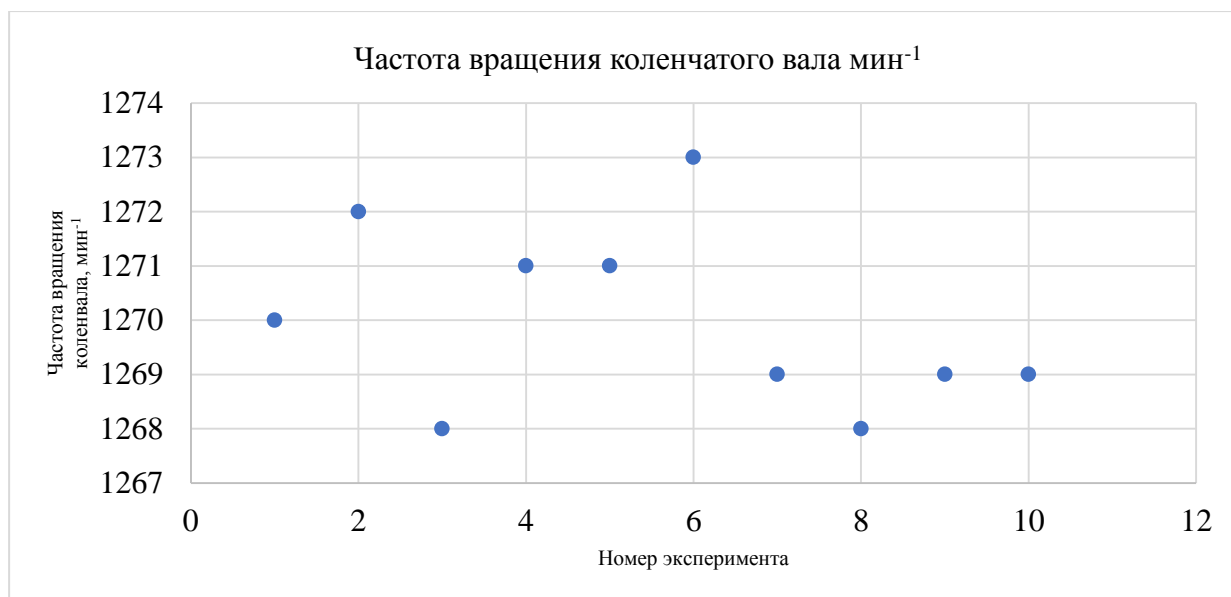


Рисунок 2 – Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин⁻¹, при отключении группы цилиндров № 5-7-8-6-13-15-16-14 после тормозной обкатки

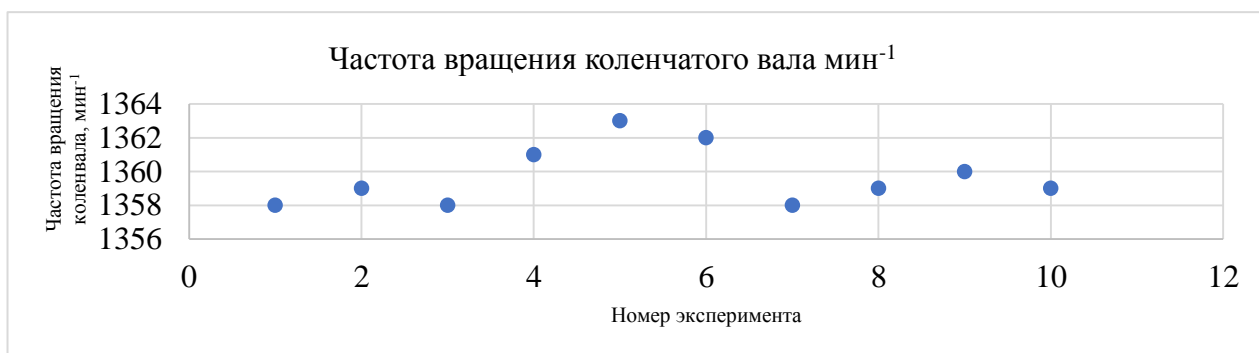


Рисунок 3 – Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин⁻¹, при отключении группы цилиндров № 1-3-4-2-9-11-12-10 после бестормозной обкатки

На рисунке 4 в виде доверительного интервала представлены значения результатов 10 измерений частоты вращения коленчатого вала двигателя после бестормозной обкатки при отключенных цилиндрах № 5-7-8-6-13-15-16-14. Ширина доверительного интервала 5 мин⁻¹. Среднее значение частоты вращения коленчатого вала составляет 1350 мин⁻¹.



Рисунок 4 – Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин⁻¹, при отключении группы цилиндров № 5-7-8-6-13-15-16-14 после бестормозной обкатки

В дальнейших расчетах целесообразно использовать средние значения полученных замеров, которые рассчитываются, как среднее арифметическое для каждого эксперимента отдельно, мин^{-1} , по формуле:

$$X_{\text{ср}} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (2)$$

где $\sum x_i$ – сумма значений X_i ; n – количество значений.

Полученные результаты статистической обработки отображены в таблице 2.

В таблице 2 представлены результаты статистической обработки значений замеров частоты вращения коленчатого вала двигателя после тормозной и бестормозной обкатки, рассчитанные, как среднее арифметическое от 10 значений по каждому эксперименту.

Таблица 2 – Средние значения частоты вращения коленчатого вала двигателя после разных методов обкатки, полученные в экспериментах при отключении групп цилиндров

Метод обкатки	Средняя частота вращения коленчатого вала (мин^{-1}) при отключении группы цилиндров № 1-3-4-2-9-11-12-10	Средняя частота вращения коленчатого вала (мин^{-1}) при отключении группы цилиндров № 5-7-8-6-13-15-16-14
Тормозная	1275	1270
Бестормозная	1360	1350

Следующим оцениваемым параметром способов нагружения является степень приработанности двигателя. Степень приработанности двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛА3-75309, у которого была проведена замена гильзо-поршневой группы, определяется показателем, представляющего собой отношение развиваемой частоты вращения коленчатого вала испытуемого двигателя к частоте вращения уже приработанного эталонного двигателя. Степень приработанности двигателя, γ , определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{n_{\text{макс. исп.}}}{n_{\text{макс. эт.}}}, \quad (3)$$

где $n_{(\text{макс. исп.})}$ – частота вращения коленчатого вала двигателя при работе одной половины цилиндров, мин^{-1} ; $n_{(\text{макс. эт.})}$ – частота вращения коленчатого вала эталонного двигателя при работе одной половины цилиндров, мин^{-1} .

Для определения степени приработанности двигателя частота вращения коленчатого вала измеряется при работе одной половины цилиндров, т.е. значение при работе на 8 цилиндрах с ограничением впуска топлива. Также значение частоты вращения коленчатого вала эталонного двигателя берется при работе 8 цилиндров.

Степень приработки двигателей $\Delta = n_{(\text{макс. исп.})}$ при $n_{(\text{макс. эт.})} = 1500 \text{ мин}^{-1}$ представлена на рисунке 5. Рекомендуемое значение степени приработки двигателей $\Delta > 0,85$ при $n_{(\text{макс. эт.})} = 1500 \text{ мин}^{-1}$.

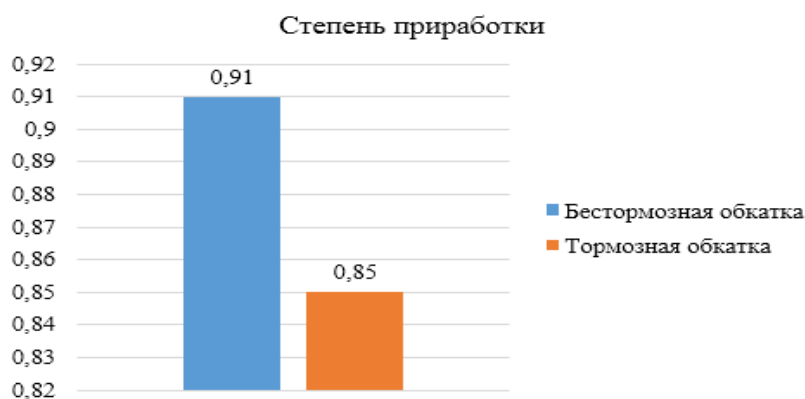


Рисунок 5 – Степень приработки двигателей

Равномерность и устойчивость работы двигателя характеризует равномерность приработки деталей двигателя после проведенной обкатки и оценивается по методике, предполагающей сравнение величин снижения частоты вращения коленчатого вала при отключении одного из цилиндров двигателя с аналогичными величинами при отключении других цилиндров по одному в случайном порядке при работе двигателя на заданном режиме.

Методика оценки равномерности и устойчивости работы двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 допускает поочередное отключение каждого из 5-ти произвольно выбранных цилиндров по одному. При большом количестве цилиндров двигателя данной методики достаточно для оценки равномерности приработки деталей двигателя. Если разброс значений разницы в снижении частот вращения коленчатого вала при отключении разных цилиндров достаточно мал и не превышает значение 5 мин^{-1} , то работа двигателя считается равномерной, а степень приработки деталей двигателя достаточной, а завершенная обкатка успешной. Параметр снижения частоты вращения коленчатого вала определяется после каждого отключения цилиндра двигателя [17]. Параметры снижения частоты вращения коленчатого вала, полученные в ходе проведения эксперимента по вышеописанной методике с попеременным отключением каждого цилиндра представлены на рисунке 8. Рекомендуемое значение снижения частоты вращения коленчатого вала при отключении одного из цилиндров не более 35 мин^{-1} .

Методика отключения цилиндров с последующим изучением влияния отключенного цилиндра на снижение частоты вращения коленчатого вала выполняется в соответствии с таким же регламентом, как и для определения максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} , для группы цилиндров, изложенной выше. С помощью диагностического прибора вводится команда на отключение подачи топлива только не в группу цилиндров, а для одного цилиндра. Установившееся среднее значение частоты вращения представлено в таблице 3.

Таблица 3 - Результаты измерений снижения частоты вращения коленчатого вала, мин^{-1} , при отключении цилиндров

Метод обкатки	Снижение частоты вращения коленчатого вала, мин^{-1} , при отключении цилиндров				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Тормозная	37	38	35	37	36
Бестормозная	38	36	37	37	38

На рисунке 6 в виде доверительного интервала представлены значения результатов 5 измерений снижения частоты вращения коленчатого вала двигателя после тормозной обкатки при поочередном отключении 5-и цилиндров после тормозной обкатки. Ширина доверительного интервала 3 мин^{-1} . Среднее значение снижения частоты вращения коленчатого вала составляет $35,6 \text{ мин}^{-1}$.

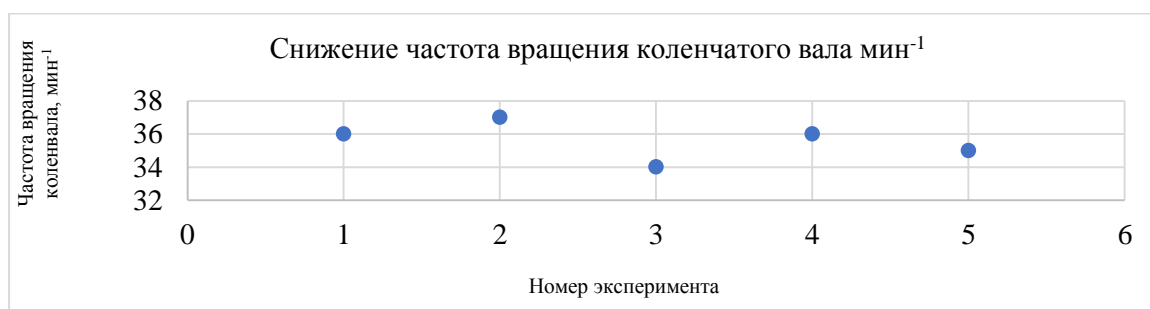


Рисунок 6 – Снижение частоты вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} , при поочередном отключении 5-и цилиндров после тормозной обкатки

На рисунке 7 в виде доверительного интервала представлены значения результатов 5 измерений снижения частоты вращения коленчатого вала двигателя после бестормозной обкатки при поочередном отключении 5-и цилиндров после тормозной обкатки. Ширина доверительного интервала 2 мин^{-1} . Среднее значение снижения частоты вращения коленчатого вала составляет $37,2 \text{ мин}^{-1}$.



Рисунок 7 – Снижение частоты вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} , при поочередном отключении 5-и цилиндров после бестормозной обкатки

Полученные значения результатов эксперимента (рисунки 6-7) не выходят за пределы доверительного интервала с шириной 5 мин^{-1} , как для двигателя, обкатанного методом бестормозной обкатки, так и для двигателя, обкатанного методом тормозной обкатки и подтверждают эффективность и равномерность приработки деталей двигателя в результате как тормозного, так и бестормозного метода обкатки.

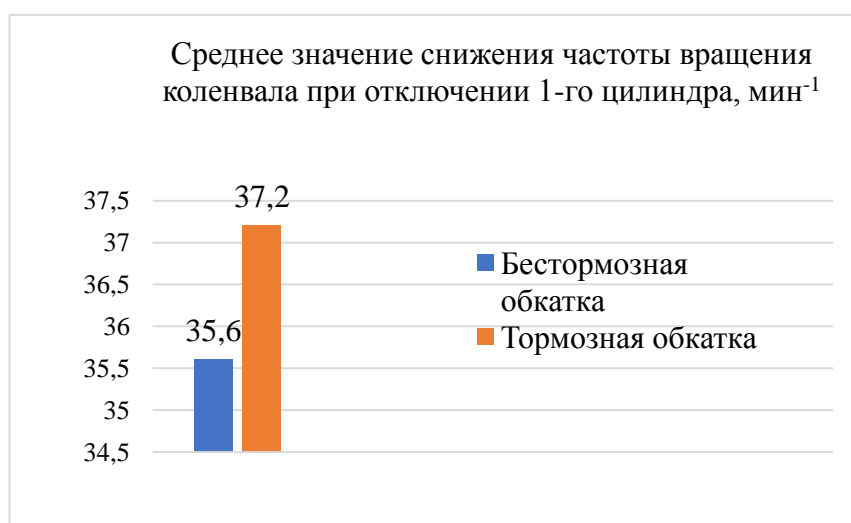


Рисунок 8 – Среднее значение снижения частоты вращения коленвала при отключении 1-го цилиндра

Для определения эффективного способа обкатки двигателя исследуемого карьерного самосвала необходимо учитывать такой параметр, как уплотняющая способность гильзо-поршневой группы, %. Уплотняющая способность гильзо-поршневой группы показывает, какую степень уплотнения создают поршневые кольца в сопряжении со стенками цилиндра и канавками поршня при работе двигателя. Этот показатель косвенно характеризует качество приработки и подгонки деталей отремонтированного двигателя, а также степень механического износа деталей гильзо-поршневой группы изношенного двигателя.

Уплотнение гильзо-поршневой группы проверяется с помощью специального прибора, например, применяются индикаторы расхода газов КИ-13671, позволяющие определить утечку сжатого воздуха из над поршневого пространства методом замера расхода картерных газов, про-

рвавшихся через зазоры в сопряжениях деталей гильзо-поршневой группы в картер двигателя. По показаниям измерительного прибора определяется состояние гильзо-поршневой группы. Погрешность измерения расхода газа данным прибором при открытом дросселирующем отверстии составляет 5 %. Методическая погрешность в данном случае связана с ошибкой определения значений по шкале и соответствует половине цены деления прибора. Цена деления прибора 1 л/мин. Предельный расход картерных газов для двигателя MTU DD16V4000 карьерного самосвала БЕ-ЛА3-75309 составляет 820 л/мин. Исходя из этого, методическая погрешность при измерении предельного расхода картерных газов, %, определяется по формуле, %:

$$\Delta_1 = \frac{x_2}{Q} 100, \quad (4)$$

где x_2 – погрешность измерения расхода газа; Q – предельный расход картерных газов, л/мин.

$$\Delta_1 = \frac{0,5}{820} 100\% = 0,06.$$

Параметр уплотнения гильзо-поршневой группы оценивается после завершения всей обкатки двигателя. Значение прорыва газов из надпоршневого пространства < 20 %, определяет допустимое уплотнение гильзо-поршневой группы. Рекомендуемое значение до 20 %. [18]. При оценке результатов тормозного и бестормозного методов обкатки, путем замеров расхода газов из надпоршневого пространства, процент утечек газовой смеси в гильзо-поршневой группе находится в интервале от 10 % до 15 % по отношению к эталонному двигателю, следовательно, уплотняющая способность гильзо-поршневой группы достигает в обоих случаях допустимых значений.

Крутящий момент для проворачивания коленчатого вала двигателя в сборе определялся перед процессом его обкатки и после. Максимальное значение крутящего момента для проворачивания коленчатого вала двигателя в сборе до обкатки оценивает качество сборки двигателя [19]. После проведения обкатки максимальное значение крутящего момента для проворачивания коленчатого вала двигателя в сборе определяет эффективность обкатки. Крутящий момент для оценки эффективности обкатки определялся через 3 часа на холодном двигателе динамометрическим ключом. Полученные результаты экспериментальных исследований по определению момента для прокрутки коленчатого вала при обкаточно-тормозном и бестормозном способах нагружения представлены на рисунке 9.

Крутящий момент проворачивания коленчатого вала двигателя определялся без учета влияния компрессии в цилиндрах. Для этой цели форсунки были демонтированы. Такой параметр эффективности способов нагружения позволяет определить значение механических потерь на трение [20].

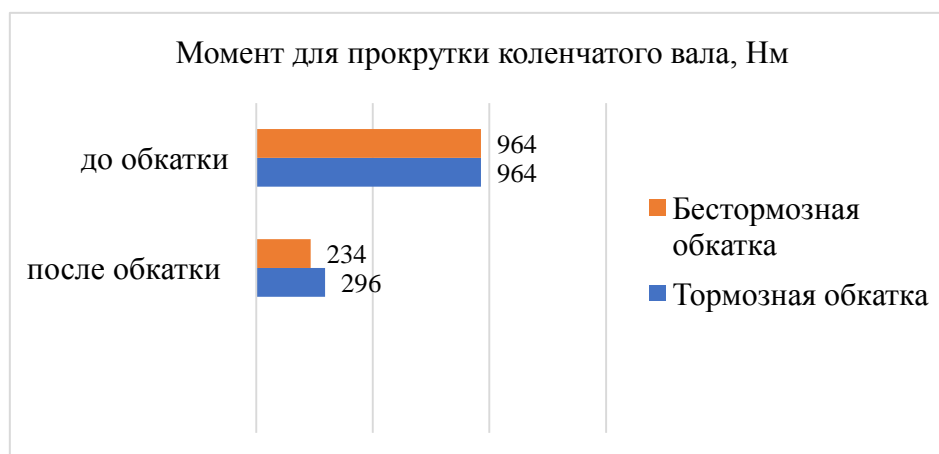


Рисунок 9 – Крутящий момент для проворачивания коленчатого вала двигателя в сборе перед процессом его обкатки и после, Н·м

4 Обсуждение и заключение

Проведенный анализ параметров эффективности обкаточно-тормозного и бестормозного способов нагружения двигателей MTUDD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 показал, что рекомендуется применение бестормозной обкатки. Обкаточно-тормозной способ обкатки сложно применить к обкатке данного двигателя ввиду того, что размеры двигателя определяют необходимость наличия обкаточно-тормозного стенда с огромной мощностью, что повлечет за собой огромные затраты, либо применение менее мощного обкаточно-тормозного стенда, но это усложнит процесс обкатки как по времени, так и по трудозатратам. А для бестормозной обкатки требуется лишь применение устройства для бестормозной обкатки, позволяющее ограничивать подачу топлива в цилиндры.

Выявлено, что максимальная частота вращения коленчатого вала при бестормозном способе на 80-85 мин⁻¹ выше, чем при обкаточно-тормозном; а степень приработки двигателя при бестормозном способе составляет $\Delta = 0,91-0,95$, что выше, чем при обкаточно-тормозном $\Delta = 0,85-0,86$. Значения равномерности работы цилиндров двигателя и уплотняющей способности гильзо-поршневой группы при бестормозном и обкаточно-тормозном способе практически не отличаются. Момент для прокрутки коленчатого вала до обкатки двигателя составляет 964 Нм, а после обкатки при бестормозном способе составляет 234 Нм, а при обкаточно-тормозном способе 296 Нм. Применение бестормозной обкатки двигателя MTUDD16V4000 карьерного самосвала БЕЛАЗ-75309 повышает его ресурс по сравнению с двигателями не прошедших обкатку.

Список литературы

- 1 Лубенская, О. А. Оценка аварийности и производственного травматизма при разработке полезных ископаемых открытым способом / Лубенская О. А., Климова Е. В., Храмцов Б. А., Ростовцева А. А. // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2013. № 1. С. 140-144.
- 2 Новиков, А. Н. Разработка научно-методических подходов для повышения эффективности карьерного транспорта / А. Н. Новиков, И. А. Новиков, Н. А. Загородний, А. С. Семькина // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2020. – Т. 17. – № 6 (76). С. 690-703.
- 3 Бачинский, В. И. Использование элементов экономико-математического моделирования в управлении производственными затратами горно-обогатительных предприятий / Бачинский В. И., Кузминская Е. И. // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. – 2013. – № 6. – С. 197-201.
- 4 Гавришев, С. Е. Организационно-технологические методы повышения надежности и эффективности работы карьеров : монография. – Магнитогорск : МГТУ, 2002. – 231 с.
- 5 Дрыгин, М. Ю. Диагностика состояния тяжелой горной техники при планово-предупредительных ремонтах / М. Ю. Дрыгин, Н. П. Курышкин // Динамика систем, механизмов и машин. 2017. – Т. 5. – № 2. – С. 115-122.
- 6 Лепетюха С. В., Якушев А. С. Состояние и перспективы развития технологического автотранспорта Лебединского ГОКа. Горный журнал. 2007. – № 7. – С. 25-27.
- 7 Нестеренко А. В. Ремонтная служба комбината / А. В. Нестеренко, С. А. Разгулов, Е. Ю. Берестнев, А. А. Никулин // Горный журнал. – 2017. – № 5. – С. 42-45.
- 8 Новиков, А. Н. Разработка научно-методических подходов для повышения эффективности карьерного транспорта / А. Н. Новиков, И. А. Новиков, Н. А. Загородний, А. С. Семькина // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2020. Т. 17. – № 6 – (76). С. 690-703.
- 9 Насковец, А. М. Современное развитие карьерного транспорта производства ОАО "БЕЛАЗ" / А. М. Насковец, П. А. Пархомчик, А. Н. Егоров, С. А. Шишко, В.И. Моисеенко // Актуальные вопросы машиноведения. 2018. –Т. 7. – С. 8-11.

10 Тариков, Д. Ш. Анализ производственной деятельности горнодобывающего предприятия и разработка методики оптимизации транспортно-грузового комплекса / Д. Ш. Тариков, С. Н. Корнилов // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования – Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2012. – Т. 1. – С.96-99.

11 Рахмангулов, А. Н. Управление развитием горнодобывающего предприятия. Информационные модели и методы : монография / А. Н. Рахмангулов, С. Е. Гавришев, М. В. Грязнов [и др.]. – Магнитогорск : МГТУ, 2002. – 245 с.

12 Яковлев, В. Л. Методы исследований карьерного транспорта : из XX в XXI век / В. Л. Яковлев, В. Ф. Столяров, А. В. Глебов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2006. № 1. С. 115-123.

13 Яковлев, В. Л. Новый взгляд на карьерный автомобильный транспорт / В. Л. Яковлев, П. И. Тарасов, А. Г. Журавлев, В. О. Фурин, А. Г. Ворошилов, А. П. Тарасов, Е. В. Фелелов // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2006. – № 6. – С. 97-107.

14 Семькина, А. С. Совершенствование транспортной системы горно-обогатительных комбинатов / А. С. Семькина, Н. А. Загородний // Автомобильная промышленность. 2019. – № 6. С. 31-34.

15 Тимченко, А. И. Совершенствование процесса бесстендовой бестормозной приработки автомобильных двигателей после капитального ремонта / А. И. Тимченко, Д. И. Тимченко, А. И. Назаров, Е. А. Давидянц // Вісник СевНТУ. 2012. – № 134. – С. 168-171.

16 Корчагин, В. А. Определение оптимальной стратегии ремонтного обслуживания двигателя ЯМЗ-240Н / В. А. Корчагин, В. С. Шатерников, М. В. Шатерников // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 10. – С. 35-39.

17 Шатерников, В. С. Совершенствование организации ремонтного обслуживания агрегатов карьерных большегрузных самосвалов / В. С. Шатерников, Н. А. Загородний, М. В. Шатерников // Автомобильная промышленность. 2014. – № 4. – С. 22-24.

18 Семькина, А. С. Замена изношенных элементов восстановленными на карьерных АТС / А. С. Семькина, Н. А. Загородний, А. Н. Новиков // Автомобильная промышленность. 2022. – № 2. – С. 31-34.

19 Шатерников, В. С. Результаты экспериментального исследования и эффективности бестормозной обкатки двигателей ЯМЗ-240Н / В. С. Шатерников, Н. А. Загородний, М. В. Шатерников // Автотранспортное предприятие. 2013. – № 12. – С. 33-36.

20 Семькина, А. С. Обкатка двигателей карьерных АТС / А. С. Семькина, Н. А. Загородний // Автомобильная промышленность. 2022. – № 12. – С. 34-36.

References

1 O. A. Lubenskaya, E. V. Klimova, B. A. Khrantsov, A. A. Rostovtseva Evaluation of accidents and occupational injuries in open pit mining of minerals // Bulletin of the Belgorod State Technological University. V. G. Shukhov. 2013. № 1. P. 140-144.

2 Novikov A. N. Development of scientific and methodological approaches to improve the efficiency of open pit transport / A. N. Novikov, I. A. Novikov, N. A. Zagorodniy, A. S. Semykina // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University. 2020. V. 17. № 6 (76). pp. 690-703.

3 Bachinsky V. I. The use of elements of economic and mathematical moderation in the management of production costs of mining and processing enterprises / Bachinsky V. I., Kuzminskaya E. I. // Economics and management: analysis of trends and development prospects. 2013. № 6. S. 197-201.

4 Gavrishchev S. E. Organizational and technological methods for improving the reliability and efficiency of open pit operations: monograph. – Magnitogorsk : MSTU, 2002. – 231 p.

5 Drygin M. Yu. Diagnostics of the state of heavy mining equipment during scheduled preventive repairs / M. Yu. Drygin, N. P. Kuryshkin // Dynamics of systems, mechanisms and machines. 2017. V. 5. № 2. S. 115-122.

6 Lepetyukha S. V. , Yakushev A. S. State and prospects for the development of technological vehicles of Lebedinsky GOK. Mining Journal. 2007. № 7. S. 25-27.

7 Nesterenko A. V. Repair service of the plant / A. V. Nesterenko, S. A. Razgulov, E. Yu. Berestnev, A. A. Nikulin // Mining magazine. – 2017. – № 5. – P. 42-45.

8 Novikov A. N. Development of scientific and methodological approaches to improve the efficiency of open pit transport / A. N. Novikov, I. A. Novikov, N. A. Zagorodny, A. S. Semykina // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University. 2020. V. 17. № 6 (76). pp. 690-703.

9 Naskovets A. M. Modern development of quarry transport manufactured by JSC "BELAZ" / A. M. Naskovets, P. A. Parkhomchik, A. N. Egorov, S. A. Shishko, V. I. Moiseenko // Topical issues of mechanical engineering. 2018. V. 7. S. 8-11.

10 Tarikov D. Sh. Analysis of the production activity of a mining enterprise and development of a methodology for optimizing the transport and cargo complex / D. Sh. Tarikov, S. N. Kornilov // Actual problems of modern science, technology and education – Magnitogorsk : Magnitogorsk Publishing House. state tech. un-ta im. G. I. Nosova, 2012. – T. 1. – P. 96-99.

11 Rakhmangulov A. N. Management of the development of a mining enterprise. Information models and methods : monograph / A. N. Rakhmangulov, S. E. Gavrishchev, M. V. Gryaznov [i dr.]. – Magnitogorsk : MSTU, 2002. – 245 p.

12 Yakovlev, V. L. Research methods of career transport: from XX to XXI century / V. L. Yakovlev, V. F. Stolyarov, A. V. Glebov // News of higher educational institutions. Mining magazine. 2006. № 1. S. 115-123.

13 Yakovlev, V. L. A new look at career road transport / V. L. Yakovlev, P. I. Tarasov, A. G. Zhuravlev, V. O. Furin, A. G. Voroshilov, A. P. Tarasov, E. V. Fefelov // News of higher educational institutions. Mining magazine. 2006. № 6. S. 97-107.

14 Semykina A. S. Improvement of the transport system of mining and processing plants / A. S. Semykina, N. A. Zagorodny // Automotive industry. 2019. № 6. S. 31-34.

15 Timchenko, A. I. Improving the process of standless brakeless running-in of automobile engines after a major overhaul / A. I. Timchenko, D. I. Timchenko, A. I. Nazarov, E. A. Davidyants // Visnik of SevNTU. 2012. № 134. P. 168-171.

16 Korchagin, V. A. Determination of the optimal strategy for the repair maintenance of the YaMZ-240N engine / V. A. Korchagin, V. S. Shaternikov, M. V. Shaternikov // Motor transport enterprise. – 2014. – № 10. – S. 35-39.

17 Shaternikov V. S. Improving the organization of repair maintenance of units of mining heavy dump trucks / V. S. Shaternikov, N. A. Zagorodny, M. V. Shaternikov // Automotive industry. 2014. № 4. S. 22-24.

18 Semykina A. S. Replacement of worn-out elements with restored ones on open-pit automatic telephone exchanges / A. S. Semykina, N. A. Zagorodny, A. N. Novikov // Automotive industry. 2022. № 2. S. 31-34.

19 Shaternikov V. S. The results of an experimental study and the efficiency of brakeless running-in of YaMZ-240N engines / V. S. Shaternikov, N. A. Zagorodny, M. V. Shaternikov // Motor transport enterprise. 2013. № 12. S. 33-36.

20 Semykina A. S. Run-in of open-pit ATS engines / A. S. Semykina, N. A. Zagorodny // Automotive industry. 2022. № 12. P. 34-36.

© Семькина А.С., 2022