

MODELING OF PROPERTIES OF DEFORMABLE SOIL MEDIA DURING COMPACTION BY CYLINDRICAL ROLLER DRUMS

V.V. Mikheyev, S.V. Saveliev

Abstract. The article deals with the task of theoretical modeling for elastic properties of soils under compacting action. That problem is of sufficient practical value for selection of optimal working parameters for soil compaction process in building and road construction. The model of interaction between rigid working tool of cylindrical shape and deformable soil is considered in the article. This shape corresponds to the metal drum of road roller and was used to calculate the stiffness of the soil volume which interacts with it. The tangent resistant force which occurs in case of roller's motion was also calculated.

Keywords: soil compaction, rigid drum, modeling of mechanical properties, soil stiffness, elastic-viscous-plastic media.

References

1. Harhuta N. Ja., Vasil'ev Ju. M., Ohramenko. R. K. *Uplotnenie gruntov dorozh-nyh nasypej* [Soil compaction of road fills]. Moscow, Avtotransizdat, 1958. 144 p.
2. Gersevanov N.M., Pol'shin D.E. *Teoreticheskie osnovy mehaniki gruntov i ih prakticheskoe primeneniye* [Theoretical foundations of soil compaction and their applications]. Moscow, Gosstroj-izdat, 1948. 551 p.
3. Ovchinnikov P.F. *Vibroreologiya* [Vibrorheology]. Kiev: Naukova Dumka, 1983. 272 p.
4. Kaluzhskij Ja. A., Batrakov O. T. *Uplotnenie zemljanogo polotna i dorozhnyh odezhd: ucheb. posobie* [Compaction of earth bed and road surfacing]. Moscow, Transport, 1970. 160 p.
5. Barkan D. D. *Ustrojstvo osnovanij so-oruzhenij s primeneniem vibriraniya* [Basement

construction with use of vibration]. Moscow, Izd-vo Minstroja predpriyatij mashinostroenija, 1949. 123 p.

6. Miheev V. V., Savel'ev S. V. *Issledovaniya naprazhenno-deformiruемого sostojaniya uprugovjazkoj sredy pri vibracionnom nagruzhении* [Investigation of stress and strain behavior of visco-elastic media under vibratory loading]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 3(25). pp. 83-86.

7. Mooney M. A., Robert V. Rinehart, Norman W. Facas, Odon M. Musimbi *Intelligent Soil Compaction Systems* // NCHRP Report 676. Washington, D. C., 2010. 166 p.

8. Florin N. A. *Osnovy mehaniki gruntov* [Foundations of soil mechanics]. L.-M.: Gosstrojizdat, 1959-1961. T. 1-2. 408 p.

Михеев Виталий Викторович (Омск, Россия) – кандидат фтзико-математических наук, доцент кафедры «Комплексная защита информации» ФГБОУ ВПО «ОмГТУ» (644055, г. Омск, пр. Мира, 11 к.8, e-mail: vvm125@mail.ru).

Савельев Сергей Валерьевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: saveliev_sergval@mail.ru).

Mikheyev Vitaly Viktorovich. (Omsk, Russian Federation) – candidate physical and mathematical sciences, ass. professor, department of complex information protection, Omsk State Technical University (644055, Prospect Mira, 11/8, Omsk, Russian Federation, e-mail: vvm125@mail.ru).

Savel'ev Serguey Valer'evich (Omsk, Russian Federation) – doctor of technical sciences, professor, department of operation and maintenance of transportation and technological machines and complexes, The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Prospect Mira, 5, Omsk, Russian Federation, e-mail: saveliev_sergval@mail.ru).

УДК 629.3

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ В АВТОТРАНСПОРТНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Ю.П. Сыстеров, В.В. Евстифеев, А.В. Евстифеев
ФГБОУ ВО СибАДИ, Россия, г. Омск.

Аннотация. В современном транспортном машиностроении происходит непрерывное совершенствование технологий изготовления деталей и узлов машин с использованием металлических и неметаллических композиционных материалов, изменяются принципы сборки кузовов и элементов двигателей, внедряются новые технологии производства колес и шин, все большее количество машин оснащается электрическими и гибридными приводами. Внедрение перспективных материалов и технологий отражается, естественно, на качестве, тактико-технических характеристиках и надежности.

Ключевые слова: *металлические и композитные материалы кузовостроения; технологии и материалы производства элементов двигателей и ходовой части, силовых передач и механизмов управления.*

Введение

Фирмы – производители автомобильной техники при проектировании машин ориентируются на собственный и зарубежный опыт, а также на то, какие материалы и технологии они в состоянии использовать по техническому оснащению производства и квалификации специалистов, для каких целей предназначается техника, уровень ее надежности и долговечности. В условиях жесткой конкуренции на рынках принимаются решения о вхождении в определенную ценовую нишу. Но в любом случае приходится модернизировать производство, а значит использовать новые материалы, новые технологии, приобретать технологическое оборудование.

Внедрение перспективных технологий

Наиболее сложными представляются технологии кузовостроения, так как даже при небольшом изменении формы кузова может существенно измениться вся цепочка операций, а иногда требуются новые материалы и специальное технологическое оборудование.

Большинство автостроительных фирм используют для производства кузовов листовую сталь. Технологии хорошо отработаны, вплоть до роботизированной контактной сварки элементов конструкции на конвейере. Трудоемкость относительно низкая. Но требуется тщательная антикоррозионная обработка. И еще один существенный недостаток – относительно большая масса всего автомобиля. Хотя, в некоторых случаях заготовки частей кузова сваривают встык из листов стали разной толщины (и с антикоррозионными покрытиями разной величины), а затем штампуют (рис. 1). Поэтому постоянно идут поиски легких, и в тоже время прочных, конструкционных

кузовных материалов. На данном этапе развития технологии кузовостроения используются алюминиевые сплавы в сочетании с традиционными (сталь, титан, магний, «стеклопластики»). Производители автомобилей Jaguar, Феррари, Ауди используют алюминиевые сплавы: концепт Audi ASF (пространственная рама Ауди), где все усилители несущего кузова были сделаны из алюминия, был представлен в 1993 году, а уже в 1994-м начался серийный выпуск седана Audi A8 – первого в мире массового автомобиля с полностью алюминиевым кузовом [1]; автомобиль Jaguar XJ с полностью алюминиевым несущим кузовом был выпущен в 2003 году. Чтобы избежать электрохимическую коррозию в местах стыковки алюминиевых конструкций со сталью при сборке кузовов на заклепки (а их, например, в седане Audi A8 – 1847) наносятся нейтральные покрытия, или используют и другие способы сборки (202 точки сварки, 44 м клееных соединений, 25 м сварки в среде инертных газов, 6 м лазерной сварки, 630 болтовых соединений).

Несмотря на то, что алюминиевые кузова легче стальных, легко штампуются и ремонтируются, у них есть существенный недостаток – высокая стоимость из-за больших затрат на электроэнергию при производстве металла. Поэтому все чаще в кузовостроении начали использовать углепластики в разных пропорциях с металлом, как это сделано при производстве BMW i3 или BMW 7 (рис. 2). В первом случае несущая рама выполнена из алюминиевых сплавов, а боковины, крыша, капот и другие оформляющие элементы – из карбона; во втором случае средняя часть кузова (ядро) сделана из композита [1].

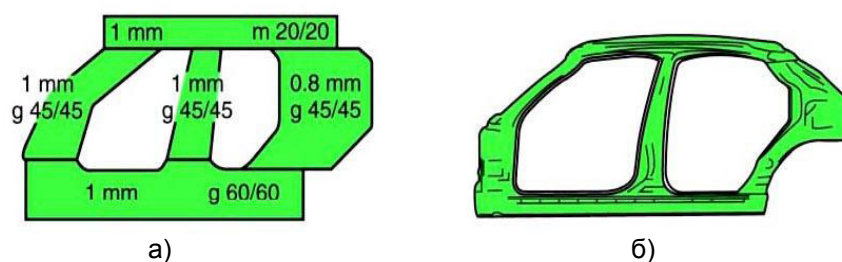


Рис. 1. Составная заготовка боковины автомобиля (а) и штампованная деталь (б)



Рис. 2. Кузова автомобилей:

а – BMW i3 (алюминиевый – низ и карбоновый – верх); б – BMW 7 (карбоновое ядро)

Но первый опыт в этом направлении приобрели автостроители ГДР. Первый в мире автомобиль, кузов которого был изготовлен из пластика, имел название «Трабант». Детали кузова (рис. 3а) изготавливали из фенолформальдегидной смолы, смешанной с отходами хлопкового производства. Для изготовления одной облицовочной детали уходило всего 10 минут. И было выпущено 3 млн. автомобилей [3]. Сейчас за ними последовали фирмы Маруся [4], Тесла (рис. 3г) [5], Pagani [7], Motive industries Inc.[6]. Например, Маруся использовала базальтовое волокно для изготовления внешних деталей (рисунок 3б) и элементов внутренней отделки салонов, которое получают в одну стадию по следующей схеме [2]: базальтовый щебень с определенной крупностью порционно загружается в малогабаритную плавильную установку, где он плавится при температуре (1460 – 1600) °С. С установки волокно передается на участок трощения и перемотки, где в случае необходимости осуществляется перемотка и получение крученых нитей.

Монокот Pagani Zonda R [7] выполнен из углеродно-титанового композита. За счет применения нового материала возросла жесткость при значительном снижении веса. Передний и задний подрамники изготовлены из хромомолибденового сплава, а внешние кузовные панели из углеволокна MD System. Для деталей подвески конструктор Горацио Пагани выбрал алюминиевый сплав Avion Al, для структурных элементов, удерживающих двигатель и коробку передач - сплав Erg Al. Благодаря этим мерам снаряженный вес машины составляет всего 1070 кг.

Кузова автомобилей Kestler (рисунок 3в) изготавливаются из конопляного волокна (марихуаны), [6]. Стебли конопли прессуются, а потом заливаются биополимером. Биоккомпозит получается настолько гибким и прочным, что не уступает по характеристикам

деталям из углеродных волокон, из которых изготавливают корпусные детали спорткаров. Но масса кузова значительно меньше, чем у изготовленных из стали.

Отрасль автостроения настроена так, что «каждый час» выдает что-то новое. Не так давно фирма BMW освоила производство блока двигателя, у которого внутренняя часть отлита из алюминиевого сплава, а затем на литейной машине залита более легким магниевым сплавом (рис. 4а), [8]. Масса такого блока существенно меньше, чем монолитного. Кстати, из магниевых сплавов иногда изготавливают внутренние части дверей. Входит в практику прецизионная сборка шатунов с крышками после отделения последней разломом (рис. 4б), [9]. Очень часто после согласия с функциональным назначением и основными размерами деталей специалисты приходят к выводу, что следует изменить технологию изготовления детали для повышения стойкости инструментов и увеличения производительности. Например, в [10, 11] предлагается штамповка шаровых пальцев с полый головкой или полым стержнем (рис. 4г). Это позволяет снизить нагрузки на инструменты и даже перевести изготовление на роторные автоматические линии с производительностью до 300-500 штук в минуту. Колеса производятся по традиции листовой штамповкой со сваркой обечайки и диска, литьем в кокиль или горячей объемной штамповкой. У каждой из этих технологий есть преимущества и недостатки. Но наиболее перспективной, для обеспечения прочности и ремонтпригодности, является раскатка литого или штампованного полуфабриката на станах с числовым управлением. Что касается внедрения новых типов шин, то все мировые производители (Polaris, Bridgestone, Michelin, Hankook iFlex и др.) отработывают технологии производства безвоздушных пластиковых колес, которые не боятся проколов и легко перерабатываются после

полного износа. Опытные партии ставит американская армия на бронемашину Hummer (Polaris), фирма Michelin запускает

их серийное коммерческое производство [12], (рис. 4, в).



а)



б)

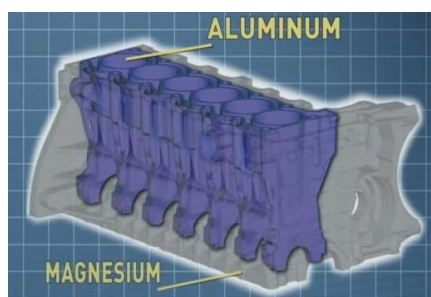


в)



г)

Рис. 3. Кузова автомобилей пластиковых композитов:
а – «Трабант», б – «Мазуся», в – «Kestler», г – «Tesla»



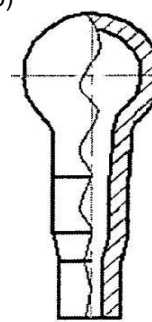
а)



б)



в)



г)

Рис. 4. Отливка блока двигателя BMW (а); слом шатуна для последующей сборки без смещения разобраных частей (б); колеса фирмы Michelin с безвоздушными шинами (в); шаровый палец полый (г)

Поршни двигателей изготавливаются литьем в кокиль или горячей объемной штамповкой. Если поршни отлиты в кокиль, то и в этом случае они имеют невысокую

плотность, связанную с выходом газов при остывании расплава металла. Однако это самый дешевый и приемлемый для крупносерийного производства метод. Чтобы

получить плотную структуру можно использовать технологию, похожую на литье под давлением, жидкой штамповки. В качестве инструмента используются универсальные обогреваемые штамповые блоки со сменными рабочими вставками [13]. Наложение давления производится в процессе кристаллизации расплава, когда металл, контактирующий с инструментом, затвердеет. Давление устраняет микрополости, улучшает структуру материала поршня, а значит – и свойства изделия [14].

Жидкая штамповка привлекает тем, что позволяет «залить» вставки из композитов, чугунов и т.д. Она легко обеспечивает соединение тела поршня, например, с нирезистовой вставкой, в которой протачивается канавка под верхнее

компрессионное кольцо. Нирезист – никелевый чугун с аустенитной структурой, жаропрочный, ростоустойчивый, немагнитный [15]. Один из чугунов содержит (в %): С – 2,75; Si – (1,0 – 2,0); Mn – (0,4 – 0,8); Ni – (28 – 32); Cu – до 0,5; Cr 2,5 – 3,5. Одна из конструкций нирезистовой вставки показана на рисунке 5. Вставка имеет небольшие бурты сверху и внизу, а форма поперечного сечения симметричная со скосами. Это позволяет легче ориентировать вставку при укладывании ее в матрицу. Для хорошего сцепления вставки с основным материалом производится ее обезжиривание, алитирование (переходной диффузионный слой, толщина которого составляет, как правило, 30 – 50 мкм).

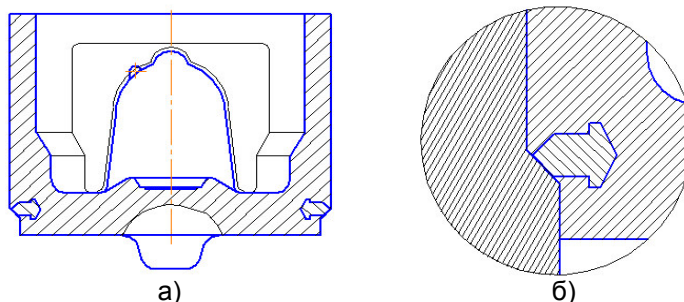


Рис. 5. Литая заготовка поршня (а); сечение поршня в месте установки нирезистовой вставки (б)

Материалы для тормозных колодок можно разделить на асбестовые и без асбестовые. Асбест (армирующий материал) применяют для изготовления обычных тормозных колодок. Без асбестовые колодки содержат в качестве армирующего материала стальную вату, медную или латунную стружку и полимерные материалы (рисунок 6а). Износ дисков минимален, если металлические фракции имеют малые размеры. Тормозные диски изготавливаются обычно из металлов. Сейчас на смену им пришли и керамические композиционные диски (рис. 6б), [16]. Они устанавливаются, в основном, на скоростных автомобилях, так как они имеют удельный вес меньший, чем у металлических дисков. Важным достоинством, является и то, что они способны выдерживать температуру до +1000 °С и, следовательно, могут безотказно прослужить в десятки раз дольше, их металлические. Керамические диски состоят из углеволокна, кремния и синтетической смолы, что придает им особую прочность. И, кроме того, технологически в результате химико-термической обработки стало возможным создавать при прессовании

радиальные каналы вентиляции, а также упрочнять диски за счет образования карбида кремния. При отработке новых технологических решений с удешевлением производства композиционного материала, возможно, будет устанавливаться керамические диски и для автомобилей любых классов.

Порошковые композиционные материалы, многие из которых имеют уникальные свойства, используются и для производства деталей различного назначения: подшипники скольжения [17, 18], распорные втулки, токосъемники, торцевые уплотнения, шайбы, подпятники, рычаги, изоляторы свечей зажигания и плитки броневой защиты с использованием Al_2O_3 , диски тормозов, фильтры и др. (рис. 6). Спеченные порошковые фрикционные материалы получают, например, на медной или железной основе. В качестве наполнителей и добавок используют материалы, обеспечивающие стабильность коэффициента трения (карбиды и оксиды металлов), отсутствие схватывания (графит, асбест, MoS_2 , CuS , ZnS), улучшение теплового режима (цветные металлы).



Рис. 6. Колодки (а) и композиционные диски (б) современных транспортных средств



Рис. 7. Детали, изготовленные из композиционных материалов: а – шестерня; б – ступица муфты синхронизатора 1,2 передач; в – шестерня насоса; г – колесо барабана; д – поршень амортизатора; е – эксцентрик; ж – направляющая; з – рычаг; и – сухарь вилок переключения; к – подшипники скольжения [17,18]; л – детали автоприцепа

Заключение

Внедрение в практику автостроения оригинальных конструкций и систем обеспечения оптимальной жизнеспособности машин, технологий получения штампованных, литых и порошковых изделий с применением новых материалов, нанотехнологий и методов моделирования позволит сокращать материалоемкость и энергетические затраты производства.

Библиографический список

1. Мельниченко, Р. Кузов автомобиля: сталь, алюминий, карбон и картон [Электронный ресурс] / Р. Мельниченко // ITC.UA. – Режим доступа: <http://itc.ua/articles/kuzov-avtovobil-stal-alyuminya-karbon>. (дата обращения – 08.09.2016).
2. Телицын, А.А. Практическая реализация процессов трощения и кручения при помощи реверсивного аэродинамического выюрка /

А.А. Телицын, И.А. Делекторская, С.В. Новиков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004. – № 3. – С. 31-34.

3. Тюнинг «трабантов» [Электронный ресурс] // LiveJournal. – Режим доступа: <https://viktor1015.livejournal.com/346795.html>. (дата обращения – 08.09.2016).

4. Россияне представили суперкар «Маруся» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.segodnya.ua/science/roccijane-predctavili-superkar-marucja.html>. (дата обращения – 10.09.2016).

5. Автомобили Tesla: новости, модели, обзор машин Тесла – все модели, новинки, линейка. Tesla [Электронный ресурс] // За рулем.РФ. – Режим доступа: www.zr.ru/cars/tesla/. (дата обращения – 08.09.2016).

6. «Зеленые» авто: первый в мире автомобиль из конопли [Электронный ресурс] // Novate.Ru. – Режим доступа: <http://www.novate.ru/blogs/101214/29050/>. (дата обращения – 08.09.2016).

7. Pagani Zonda [Электронный ресурс] // Википедии. Свободной энциклопедия. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Pagani_Zonda. (дата обращения – 08.09.2016).

8. Двигатель BMW N52 – характеристики – фото [Электронный ресурс] // BIMMERFEST – актуальное в мире БМВ. – Режим доступа: <http://www.bimmerfest.ru/dvigatel-bmw-n52/>. (дата обращения – 08.09.2016).

9. Способ отделения крышки нижней головки шатуна изломом [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.findpatent.ru/patent/210/2100187.html. (дата обращения – 11.09.2016).

10. Способ изготовления шарового пальца: пат. RU 2441728 С1, МПК В21К 1/46 / В.В. Евстифеев, А.И. Добрынин, И.И. Завьялов, А.А. Александров; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (RU). – № 2010129620/02, заявл. 15.07.2010, опубл. 10.02.2012. Бюл. № 4. – 6 с.

11. Способ изготовления шарового пальца: пат. RU 2545873 С2, МПК В21К 1/46 / В.В. Евстифеев, А.В. Евстифеев, И.И. Завьялов, А.А. Александров; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (RU). – № 2013130422/02, заявл. 02.07.2013, опубл. 10.04. 2015. Бюл. № 10.

12. Michelin запускает безвоздушные шины в серию [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.rortech.ru/vehicles/51425-michelin-zapuskaet-bezvozdushnye-shiny. (дата обращения – 10.09.2016).

13. Евстифеев, В.В. Изотермическая штамповка корпусных деталей из алюминиевого сплава АК8 / В.В. Евстифеев, В.П. Кокоулин, В.Н. Лобас // Кузнечно-штамповочное производство. – № 9. – 1990. – С. 6-7.

14. Липчин, Т.Н. Получение заготовок поршней литьем с кристаллизацией под давлением / Т.Н. Липчин. – Пермь: Изд-во ТГУ. Перм. отд-ние, 1991. – 136 с.

15. Нирезист в – ЗАО «УЗЦМ» [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.uzcm.ru/spravka/metal/cugun/23php/. (дата обращения – 10.09.2016).

16. Керамические композиционные тормозные диски [Электронный ресурс] // Автопортал Автозаводы. – Режим доступа: <http://avtovody.ru/articles/36-keramicheskie-kompozicionnye-tormoznye-diski.html>. (дата обращения – 08.09.2016).

17. Исследование работоспособности композиционных подшипников скольжения на основе меди / И.О. Олейник, В.В. Евстифеев, Г.А. Голощапов, В.И. Гурдин // Вестник СибАДИ. – 2014. – № 4 (38). – С. 29–33.

18. Антифрикционный материал на основе меди: пат. RU 2583976 С1, МПК С22С 9/00; С22С

1/05 / В.В. Евстифеев, В.В. Акимов, В.И. Гурдин, Г.А. Голощапов, И.О. Олейник; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)» (RU). – № 2014154344/02, заявл. 30.12.2014, опубл. 10. 05. 2016. Бюл. № 13. – 7 с.

ADVANCED CONSTRUCTION MATERIALS AND TECHNOLOGIES OF MOTOR ENGINEERING

Y.P. Systerov, V.V. Evstifeev, A.V. Evstifeev

Abstract. In modern transport engineering is a continuous improvement of the manufacture of parts and units of machines with technology of metal and non-metallic composite materials, changing the principles of body assembly and engine components, introducing new production technology wheels and tires, a growing number of cars equipped with electric and hybrid drives. The introduction of advanced materials and technologies is reflected, of course, on the quality, performance characteristics and reliability.

Keywords: metal and composite materials of the bodywork; technology and materials production elements of engines and chassis, power transmission and control mechanisms.

References

1. Mel'nichenko R. Kuzov avtomobilja: stal', aljuminij, karbon i... karton [Car Body: steel, aluminum, carbon fiber and cardboard]. ITC.UA. Available at: <http://itc.ua/articles/kuzov-avtovobil-stal-alyuminy-karbon>.

2. Telicyn A. A., Delektorskaja I. A., Novikov S. V. Prakticheskaja realizacija processov troshhenija i kruchenija pri pomoshhi re-versivnogo ajerodinamicheskogo v'jurka [Practical implementation processes doubling and twisting with the help of an aerodynamic reverse ree]. *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*, 2004, no 3. pp. 31-34.

3. Tjuning «trabantov». LiveJournal [Tuning satellites]. Available at: <http://viktor1015.livejournal.com/346795.html>.

4. Rossijane predstavili superkar «Marusja» [Rossijane presented supercar "Maroussia"]. Available at: <http://www.segodnya.ua/science/roccijane-predstavili-cuperkar-marucja.html>.

5. Avtomobili Tesla: novosti, modeli, obzor mashin Tesla – vse modeli, novinki, linejka [Cars Tesla: news, models, a review of the Tesla machine - all models, new products line. Tesla]. Available at: www.zr.ru/cars/tesla/.

6. «Zeljonye» avto: pervyj v mire avtomobil' iz konopli. Novate.Ru [Green" cars: the world's first car out of hemp]. Available at: <http://www.novate.ru/blogs/101214/29050/>.

7. Pagani Zonda [Pagani Zonda]. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Pagani_Zonda.

8. Dvigatel' BMW N52 – harakteristiki – foto BIMMERFEST - aktu-al'noe v mire BMV [Engine BMW N52 - Specifications - photo]. Available at: <http://www.bimmerfest.ru/dvigatel-bmw-n52/>.

9. Sposob otdeleniya kryshki nizhnej golovki shatuna izlomom [The method of separating the cover of the bottom head of a rod break]. Available at: www.findpatent.ru/patent/210/2100187.html

10. Evstifeev V. V., Dobrynin A. I., Zav'jalov I.I., Aleksandrov A. A. Sposob izgotovleniya sharovogo pal'ca [A method of manufacturing a spherical finger]. Pat. RU no 2010129620/02.

11. Evstifeev V.V., Evstifeev A.V., Zav'jalov I.I., Aleksandrov A.A. Sposob izgotovleniya sharovogo pal'ca [A method of manufacturing a spherical finger]. Pat. RU no 2013130422/022545873.

12. Michelin zapuskaet bezvozdushnye shiny v seriju [Michelin launches airless tire in the series]. Available at: www.popmech.ru/vehicles/51425-mechelin-zapuskaet-bezvozdushnye-shine

13. Evstifeev V. V., Kokoulin V. P., Lobas V. N. Izotermicheskaja shtam-povka korpusnyh detalej iz aljuminievogo splava AK8 [Isothermal stamping of body parts from aluminum alloy AK8]. Kuznechno-shtampovnoe proizvodstvo, no 9, 1990. pp. 6-7.

14. Lipchin T. N. Poluchenie zagotovok porsh-nej lit'em s kristallizaciej pod davleniem [Getting piston billet casting with crystallization under pressure]. Perm': Izd-vo TGU. Perm. otd-nie, 1991. 136 p.

15. Nirezist v - ZAO "UZCM [Niresist in - JSC «UZTSM»]. Available at: www.uzcm.ru/spravka/metal/cugun/23php/.

16. Keramicheskie kompozicionnye tormoznye diski. Avtoportal Avtozavody [Ceramic composite brake discs]. Available at: <http://avtovody.ru/articles/36-keramicheskie-kompozicionnye-tormoznye-diski.html>.

17. Olejnik I. O., Evstifeev V. V., Golo-shhapov G. A., Gudrin V. I. Issledovanie rabotosposobnosti kompo-zicionnyh podshipnikov skol'zhenija na osnove medi [Research performance composite plain

bearings based on copper]. Vestnik SibADI, 2014, no 4 (38). pp. 29 – 33.

18. Evstifeev V.V., Akimov V.V., Gurdin V.I., Goloshchapov G.A., Olejnik I.O. Antifrikcionnyj material na osnove medi [The anti-friction material based on copper]. Pat. RU no 2014154344/02.

Сыстеров Юрий Павлович (Россия, г. Омск) – магистрант кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «СибАДИ», (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: omsk-aaa@rambler.ru).

Евстифеев Владислав Викторович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «СибАДИ», (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

Евстифеев Александр Владиславович (Россия, г. Омск) – инженер, ОмПО ИРТЫШ (644060, ул. Гуртьева. 18, e-mail: a_evstifeev@mail.ru).

Systerov Yuri Pavlovich (Russian Federation, Omsk) – graduate student The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080 Omsk, Mira 5, e-mail: omsk-aaa@rambler.ru).

Evstifeev Vladislav Viktorovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of "Cars, construction materials and technologies" The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080 Omsk, Mira 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

Evstifeev Alexander Vladislavovich (Russian Federation, Omsk) – engineer, OmPA IRTYSH (644060, st Gurtiev, 18, e-mail: a_evstifeev@mail.ru).

УДК 621.926

ОБОСНОВАНИЕ РЕСУРСА СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДРОБИЛЬНО-РАЗМОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Я.В. Ярмович

ФГБОУ ВО «СибАДИ», Омск, Россия.

Аннотация. Рассматривается проблема сокращения затрат при эксплуатации дробильно-размольного оборудования (ДРО), связанная с большим расходом масел, так как объем систем смазки ДРО может составлять до 60 м³. В результате исследования установлено, что замена смазочного материала по фактическому состоянию позволит сократить затраты при эксплуатации ДРО. Выявлена необходимость математического обоснования периодичности замены смазочного материала. Автором предложен расчет периодичности обслуживания системы смазки ДРО. Благодаря этому можно определить необходимую наработку до воздействия на смазочный материал.

Ключевые слова: дробильно-размольное оборудование, система смазки, смазочный материал, долговечность, ресурс оборудования.

Введение

При эксплуатации дробильно-размольного оборудования (ДРО)

наблюдается весьма большой расход промышленных масел из-за необходимости их замены. У данного вида оборудования