

(Большой агротехнический магазин), «Матрикс Агритех», «Урожай» и др.

#### Выводы

Около 20 % парка машин не участвует в работе из-за технических неисправностей. Большинство отказов связано с производственными дефектами. Последствия отказов, возникших до назначенного срока проведения ремонтных работ, устраняют по мере необходимости после отказа путем ремонтно-технических воздействий.

Особенность современного периода: становление дилерской системы обслуживания, при которой часть объема работ по поддержанию работоспособности машин выполняют дилеры заводов-изготовителей, и это надо учитывать при оптимизации технической оснащенности производственной технической базы мелиоративных организаций.

Прогнозируется следующее распределение выполнения объемов работ по техническому сервису: 60...70 % – в мастерских владельца машин; 15...25 % – на сервисных предприятиях регионального уровня; 15 % – на районных ремонтных и дилерских предприятиях.

1. Постановление Правительства РФ от 14.07.2012 № 717 (ред. от 15.07.2013) «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы». – URL: <http://consultant.ru> (дата обращения 01. 10. 13).

2. Агропромышленный комплекс России в 2011 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 554 с.

3. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства: научное издание / В. И. Черноиванов [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 284 с.

4. Апатенко А. С. Повышение эффективности работы культуртехнических агрегатов с учетом надежности базовых и агрегатируемых машин: дис. ... канд. техн. наук. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2005. – 168 с.

Материал поступил в редакцию 02.10.13.

*Апатенко Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология металлов и ремонт машин»  
Тел. 8 (499) 976-20-18*

УДК 502/504:631.3.004.67:631.145

## Б. Н. ОРЛОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИН И СТРОИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ. ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ

*В России ежегодные затраты на изготовление запасных частей составляют миллионы рублей, а металла на их производство тратится значительно больше, чем на изготовление новых машин и строительного оборудования. Поэтому борьба с преждевременным износом деталей оборудования имеет приоритетное значение в отраслях промышленности строительной индустрии.*

*Эксплуатационная надежность, степень износа, парк строительной техники и технологического оборудования, ударно-абразивное изнашивание.*

*In Russia annual expenditures on manufacturing spare parts make up millions of rubles, while metal on their manufacturing is spent much more than on manufacture of new machinery and construction equipment. That is why control of premature deterioration of the equipment parts has a priority significance in the fields of building industry.*

*Operational reliability, degree of wear, fleet of construction machinery and technological equipment, percussive-abrasive wear.*

В настоящее время мировой металлофонд сооружений, машин и строительного оборудования составляет 14 млрд т, при этом около 6 млрд т деталей и машин в целом изношены или «съедены» ржавчиной. Средняя продолжительность жизни стальных изделий, находящихся в употреблении, 15 лет. Поэтому борьба с преждевременным износом деталей оборудования имеет приоритетное значение в отраслях промышленности строительной индустрии.

В нашей стране ежегодные затраты на изготовление запасных частей составляют миллионы рублей, металла на их производство тратится значительно больше, чем на изготовление новых машин и технологического оборудования. В связи с высокой износостойкостью затраты на техническое обслуживание (ТО) и ремонт за весь срок службы в несколько раз превышают их первоначальную стоимость (например, трудоемкость проведения ТО и ремонта в 15 раз превышает трудоемкость производства новых машин и оборудования).

Срок службы быстроизнашивающихся деталей определяет рентабельность многих дорогостоящих машин. По укрупненным расчетам за последние годы движение основных фондов происходило в одностороннем порядке – списание техники и оборудования при крайне незначительном их обновлении. При этом средний срок службы машин и оборудования вдвое превысил нормативный. Особенно в тяжелом положении оказались специализированные управления механизации и предприятия, оснащенные уникальной и дорогостоящей техникой, которая в настоящее время характеризуется достаточно высокой степенью изношенности (рис. 1).

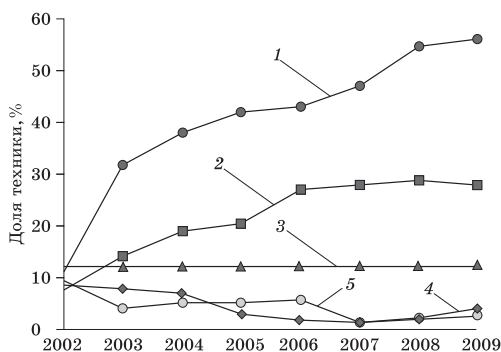


Рис. 1. Степень износа, сокращения и обновления парка строительной техники и технологического оборудования в России: 1 – степень износа парка; 2 – сокращение парка; 3 – обновление парка; 4 – обновление парка (промышленность России в целом); 5 – обновление парка механизации строительной техники и оборудования

Современные тенденции развития, связанные с повышением надежности и производительности строительного оборудования, постоянным ростом давлений приготавливаемых бетонных смесей, скоростей, температуры и нагрузок на рабочие органы, ставят задачу их долговечности и износостойкости в ряд важнейших задач народно-хозяйственного значения. Срок службы строительного оборудования остается недостаточным. Особенно велик износ деталей рабочих органов, эксплуатируемых в ударно-абразивной и агрессивной средах, что значительно влияет на показатели эксплуатационной надежности.

Наиболее распространенной причиной снижения эксплуатационной надежности и долговечности рабочих элементов является их физический износ (усталостные разрушения, ползучесть материалов, механический износ, коррозия, эрозия, старение материала и др.), что вызывает до 90 % отказов строительного оборудования и приводит к существенным потерям материалов, финансовых ресурсов, связанных со снижением качества продукции, нарушением ритмичности процесса производства, а также необходимостью в специальном ремонтном персонале. Все это является причиной значительных производственных затрат, резко снижающих эффективность функционирования строительных организаций и промышленных предприятий России.

Так, анализ эксплуатации машин и оборудования природообустройства свидетельствует, что всего за один сезон работы приходится заменять до 40 комплектов рабочих деталей – лопастей, валов и отверстий их крепежа в корпусах, что в среднем обходится в 30...40 % стоимости нового бетоносмесителя [1]. Это, в свою очередь, вынуждает ежегодно изготавливать для технологических линий и промышленных баз строительства миллионы лопаток и других перечисленных рабочих деталей. В результате интенсивной эксплуатации в подобных условиях их наработка на отказ составляет всего лишь 150...200 ч, что недопустимо в современных условиях.

При эксплуатации оборудования рабочие органы постоянно испытывают воздействие среды (ударно-абразивное, знакопеременное в условиях широких температурных изменений на фоне снижения

усталостной прочности и коррозионную стойкость), в результате которого происходит резкое снижение физико-механических свойств материалов деталей (разупрочнение, снижение твердости, износоустойчивости). Среди составных элементов

наименее надежными и ограничивающими безремонтный цикл их функционирования в условиях ударно-абразивного изнашивания являются детали рабочих органов, подверженные наибольшему износу (табл. 1).

Таблица 1

**Детали и рабочие поверхности машин и строительного оборудования, подверженные наибольшему износу**

Вид машин и оборудования	Детали и рабочие поверхности
Строительные и дорожные машины, автотракторная техника	Ножи бульдозеров и автогрейдеров; клыки, коронки и ковши экскаваторов; долота и шнеки бурильной техники; лопасти и лопатки смесительных установок и БСМ
Промышленность строительных материалов и смесей	Втулки, шнеки, плунжеры и детали, подверженные интенсивной коррозии
Машиностроение	Посадочные места валов, рычаги, шейки коленчатых валов, вилки коробок передач, пары трения с повышенными триботехническими требованиями к ним

Причины интенсивного изнашивания следующие:

подверженность рабочей поверхности удару, трению и выкрашиванию металла абразивными частицами приготавливаемой смеси, превышающими прочность частиц материала рабочей поверхности. Причем максимальное изнашивание наблюдается при угле атаки  $\alpha = 15^\circ$ , а минимальное – при  $\alpha = 90^\circ$ ;

наличие агрессивной водно-пластичной среды «щебень – песок – цемент», интенсифицирующей химический процесс разрушения, в частности коррозию;

изготовление деталей рабочих органов в большинстве случаев из обычных конструкционных сталей, упрочняемых цементацией с последующей закалкой (сталь 3, сталь 20) или закалкой ТВЧ (сталь 40X, сталь 45) [2].

Указанные причины обуславливают интенсивное изнашивание и, как следствие, низкую долговечность, большую потребность в запасных частях, а также незапланированные остановки строительного оборудования для замены изношенных деталей новыми или восстановленными (рис. 2, 3).

Таким образом, износы рабочих деталей смесительного оборудования определяются условиями работы и характеризуются возникновением циклических нагрузок, окружающей средой и степенью ее агрессивности, характером состояния рабочих поверхностей и т. д. [3].

Строительные смесители различных производителей имеют общность

конструкций и могут быть представлены в виде многоуровневой иерархической структуры элементов (рис. 4). В зависимости от условий работы конструктивные элементы строительного смесителя с учетом соответствующего им вида износа объединены в группы (табл. 2).



Рис. 2. Вид изношенных рабочих элементов смесителя: 1 – фрагмент рабочей лопасти



Рис. 3. Рабочая лопатка смесителя, подверженная интенсивному ударно-абразивному изнашиванию



Рис. 4. Структурная схема строительного смесителя как объекта исследования

Таблица 2

Классификация элементов в зависимости от геометрической формы и износа

Класс элементов	Износ поверхностей элементов, %
Детали плоские	58,8
Детали сложных пространственных форм	19,8
Детали простых пространственных форм	10,2

Анализ таблицы свидетельствует, что минимальным ресурсом работы обладают детали, имеющие плоские поверхности. Так, например, такой дефект наиболее часто встречается в рабочих органах смесителей (лопатки, шнеки, лопасти и др.). К технологическим признакам, на основании которых элементы объединены в группы, относятся: вид материала, масса, размеры, точность изготовления деталей, вид и значение износа, общность дефектов и их сочетание.

На основании проведенного анализа установлено, что износ различных групп рабочих элементов находится в пределах 0,03...10 мм. При этом около 80 % всех элементов имеют износ до 0,9...3,0 мм. Кроме износа рабочих поверхностей элементов происходит изменение их геометрической формы ( $\approx 7,4\%$ ), а также возникновение трещин и изломов ( $\approx 3,8\%$ ). Инженерный анализ причин и видов изнашивания рабочих деталей строительных смесителей позволяет их классифицировать.

**Выводы**

С учетом особенностей конструктивно-компоновочных и эксплуатацион-

ных решений установлены группы деталей, максимальное количество которых входит в узлы.

По условиям работы и конструктивным особенностям наибольшему изнашиванию подвергаются рабочие поверхности лопаток, валов и отверстий для них, работающие в тяжелых условиях ударно-абразивного воздействия, испытывающие максимальные знакопеременные нагрузки, а также относительные скорости перемещения.

Частая замена быстроизнашивающихся лопастей (через 150–200 ч работы) приводит к резкому снижению технического ресурса, увеличению трудоемкости и затрат на изготовление, ремонту и восстановлению.

Факторы, оказывающие влияние на изнашивание рабочих элементов, в обязательном порядке должны учитываться при математическом описании.

1. Бондарева Г. И. Совершенствование, научное обоснование и промышленное основание автоматизированных технологических процессов повышения долговечности рабочих элементов технологического

оборудования: монография. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 242 с.

2. Рыбакова Л. М., Куксенова Л. И. Структура и износостойкость металла. – М.: Машиностроение, 1982. – 209 с.

3. Орлов Б. Н. Технологические основы кинетики разрушения машин и оборудо-

вания природообустройства: монография. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2006. – 318 с.

Материал поступил в редакцию 09.04.13.

Орлов Борис Намсынович, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология металлов и ремонт машин»  
Тел. 8 (903) 296-41-64

УДК 502/504:621.315.592

Л. М. ПАВЛОВА, В. Б. КОЛЬЦОВ, В. Л. ПРИЩЕП, О. В. КОЛЬЦОВА, И. В. ЛЕВКИН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

## КОНФИГУРАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭНТРОПИИ ПЛАВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ С УЧЕТОМ СТЕПЕНИ ИХ ДИССОЦИАЦИИ И ЭФФЕКТА ПОСЛЕПЛАВЛЕНИЯ

К 100-летию со дня рождения академика Национальной академии наук Республики Белоруссии, заслуженного деятеля науки Российской Федерации **Николая Николаевича Сироты**, который один из первых предложил использовать соединения  $A^{III}B^V$  в качестве полупроводниковых материалов, развил теорию фазовых превращений и указал направление исследования процесса плавления. В дальнейшем термодинамика данного процесса была развита в работах А. Р. Регеля и В. М. Глазова.

*Рассмотрен процесс плавления полупроводниковых соединений эквивалентного состава. Установлены основные структурные элементы расплава, включающие определенную концентрацию вакансий и участников реакции термической диссоциации соединений. Получены расчетные выражения для оценки конфигурационной составляющей энтропии плавления, учитывающие диссоциацию соединения в точке плавления. Рассчитаны конфигурационные составляющие энтропии плавления для соединений  $A^{IV}B^{IV}$  и  $A^{IV}B^{IV}$ .*

*Полупроводники, энтропия плавления, конфигурационная составляющая.*

*Process of fusion of semi-conductor connections of equivalent structure is considered. The basic structural elements of melting including a certain concentration of vacancies and participants of thermal dissociation reaction of connections are established. Rated expressions for estimation of configuration component of melting entropy taking into consideration of connections dissociation in a melting point are received. Configuration components of entropy of melting for connections  $A^{III}B^V$  and  $A^{IV}B^{IV}$  are calculated.*

*Semiconductors, entropy of melting, configuration component.*

В работах Н. Н. Сироты, А. Р. Регеля обращено внимание на аномально высокие значения энтропии плавления у веществ, плавящихся по типу «полупроводник – металл» [1–6]. В дальнейшем было показано, что мерой глубины превращений, протекающих в процессе фазового перехода «кристалл – расплав», явля-

ется не только величина общей энтропии плавления при переходах по схеме «полупроводник – металл», но и соотношения между отдельными ее составляющими. Так, в работах [7–9] было показано, что полная энтропия плавления металлизующегося в процессе фазового перехода бинарного полупроводникового соединения