

Рис. 2. Расчетные зависимости: *a* – запасов силы тяги сравниваемых машин от высоты снега; *б* – показателей транспортной эффективности сравниваемых машин от высоты снега

На рис. 2 представлен еще один пример определения технико-экономической целесообразности применения конкретного типа двигателя для машин одной весовой категории (полная масса 2350–2500 кг) в различных условиях эксплуатации.

В результате выполнения данной работы определены области эффективного использования (области технико-экономической целесообразности применения) целого ряда транспортных средств различных весовых категорий в условиях заснеженной местности, а также получены обоснованные рекомендации по выбору конструктивных и эксплуатационных параметров двигателей, способствующих повышению эффективности колесных машин при передвижении по снежному покрову.

Библиографический список

1. Снегоходные машины / Л.В. Бархтанов, В.И. Ершов, С.В. Рукавишников, А.П. Куляшов. Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1986. 191 с.
2. Wong J.Y. Terramechanics and Off-Road Vehicle Engineering, Second Edition. Elsevier, Oxford, England, 2010. 488 p.

УДК 621.893

*В.В. Илюшин, А.С. Христолюбов, Б.А. Потехин
Уральский государственный лесотехнический университет,
г. Екатеринбург*

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ АНТИФРИКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Хороший антифрикционный материал обеспечивает малые энергозатраты на трение в подшипнике скольжения, низкий износ сопряженных деталей и способствует их быстрой прирабатываемости в изменяющихся нагрузочно-скоростных условиях работы трибосистемы. Структура такого антифрикционного материала, как правило, неоднородна и состоит из равномерно распределенных в основной массе микроскопических твердых

включений, принимающих на себя нагрузку от вала. Металлическими антифрикционными материалами являются сплавы на основе олова и свинца (баббиты), медные сплавы (бронзы и латуни), цинковые и алюминиевые сплавы. Значительно реже применяются антифрикционные чугуны и стали.

В России стандартизованы баббиты на основе олова и свинца – ГОСТ 1320-74, а также кальциевые баббиты – ГОСТ 1209-90. Состав

и свойства оловянных и свинцовых баббитов регламентированы также международной организацией по стандартизации (ISO) и многими национальными объединениями, например ASTM (США), DIN (Германия), JIS (Япония), BS (Великобритания) и др. Баббиты обладают хорошими антифрикционными свойствами, хорошей износостойкостью, способны выдерживать повышенные статические и динамические нагрузки при работе

в гидродинамическом режиме. Оловянные баббиты используют преимущественно для подшипников ответственного назначения, применяемых в прокатных станах, паровых и газовых турбинах, распределительных валах маломощных двигателей и компрессоров и т. п. По антифрикционным свойствам баббиты превосходят большинство сплавов скольжения, но значительно уступают им по сопротивлению усталости [1, 2].

В узлах трения, где нужна более высокая усталостная прочность, применяют сплавы на основе меди – оловянные (БрОФ10-1, БрО4Ц4С17) и свинцовые (БрС30) бронзы. Бронзы обладают достаточно высокими прочностными свойствами, но не всегда имеют высокие триботехнические характеристики. Для повышения триботехнических характеристик при изготовлении и ремонте подшипников скольжения на слой бронзы наносят так называемые приработочные слои баббита [3].

Последнее время находят широкое распространение антифрикционные материалы и разного рода присадки к маслам, позволяющие реализовать режим избирательного переноса и безызносности в подшипниковом узле. Избирательный перенос возможен благодаря существованию в зоне трения сервовитной пленки – особого рода вещества, образованного потоком энергии и существующего в процессе трения [4]. Сервовитная пленка, имея сложную физико-химическую природу, способствует существенному, в десятки раз, снижению трения. Такая пленка образуется в паре трения, если один из материалов имеет медную основу.

В проведенных ранее испытаниях оловянной бронзы БрО10 мы наблюдали ее перенос на стальное контртело. Испытание баббита Б83 по «бронзированному» таким образом контртелу показало существенное (в 2 и более раз) снижение коэффициента трения, чем при испытаниях по «чистому» стальному контртелу.

В литературе [4, 5] подробно описаны избирательный перенос и процесс образования сервовитной пленки, в которой реализуется диффузионно-вакансионный механизм деформации. Нами сделано предположение о том, что если объединить в одном антифрикционном покрытии бронзу и баббит, то в процессе трения возможно будет осуществить механизм фрикционного нанесения бронзы БрО10 на стальное контртело. При этом образуется и поддерживается бронзовая пленка с трением баббита по полученному покрытию, обеспечивающая пониженный коэффициент трения и износ.

Среди современных технологий нанесения антифрикционных материалов различного состава широкое распространение получает метод плазменного напыления, применение которого позволяет снизить потери на трение, повысить долговечность узлов трения [4, 6]. Применяя плазменное напыление, можно получать разнообразные по составу и свойствам покрытия.

В исследовании особый интерес представляло влияние концентрации составляющих новый материал порошков баббита и бронзы на получение пары трения, в которой будет обеспечен, как мы предполагали, режим «избирательного» пере-

носа. Для этого были изготовлены* плазменные покрытия с различным содержанием порошков баббита Б83 и бронзы БрО10 в исходной смеси для напыления (табл. 1).

Определен коэффициент трения и интенсивность изнашивания таких «комбинированных» покрытий при различных нагрузочно-скоростных режимах испытания.

Коэффициент трения исследуемых материалов определяли на лабораторной компьютеризированной установке трения по схеме палец-диск (рис. 1, а) с коэффициентом взаимного перекрытия $K_{\text{вз}} = 0,015$ в условиях граничной смазки турбинным маслом Тп-22. Контртелодиск изготовлено из стали ШХ-15, имеет твердость 45 HRC и шероховатость поверхности Ra 0,5 мкм. Образцы для испытаний по форме и размерам соответствовали рис. 1, б.

Испытания носили сравнительный характер, т. е. коэффициент трения исследуемого материала оценивали, сравнивая его с коэффициентом трения базовых материалов, которыми являются баббит Б83 и бронза БрО10, полученные методами литья и плазменного напыления.

В ходе испытаний постоянно контролировали значение момента трения $M_{\text{т}}$ и температуру контртела на расстоянии 1 мм от поверхности трения. Температура поверхности контртела устанавливалась в процессе трения в результате саморазогрева и не превышала 70 °С.

Испытания состояли из шести этапов, проводимых при сочетаниях скоростей скольжения (1,3; 3,3; 5,2; 6,5 и 13,0 м/с) и удельных нагрузок (от 0,5 до 12 МПа). Скорость скольжения v задавали перед

Таблица 1

Состав исходной порошковой смеси для напыления

Исходный порошок	Содержание порошка в смеси, % по объёму								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Б83	100	85	80	75	70	65	50	25	–
БрО10	–	15	20	25	30	35	50	75	100

* Процесс напыления и все подготовительные операции проведены в НПП «Технологии сварочного производства» (г. Екатеринбург) под руководством С. П. Кочугова.

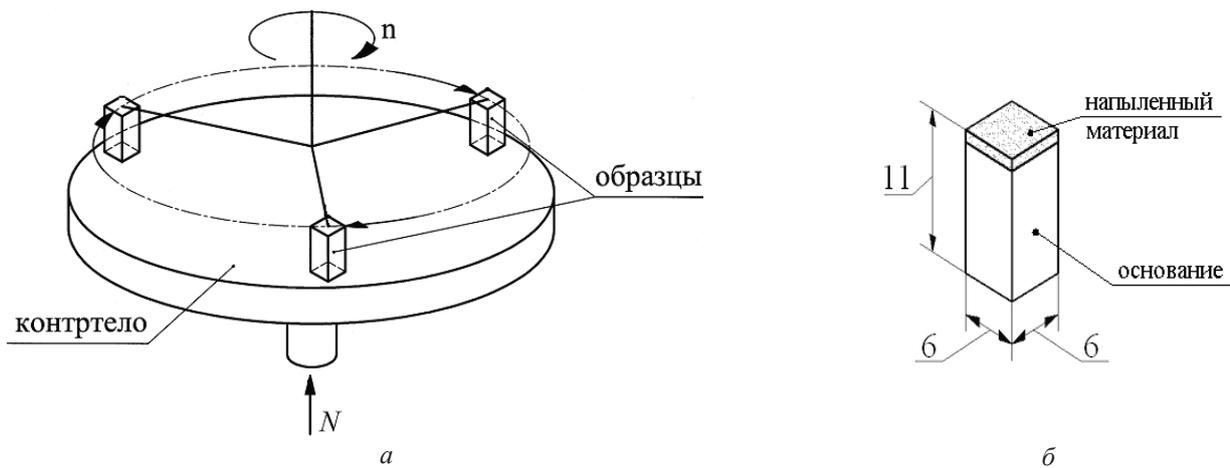


Рис. 1. Принципиальная схема испытаний (а) и эскиз образца (б)

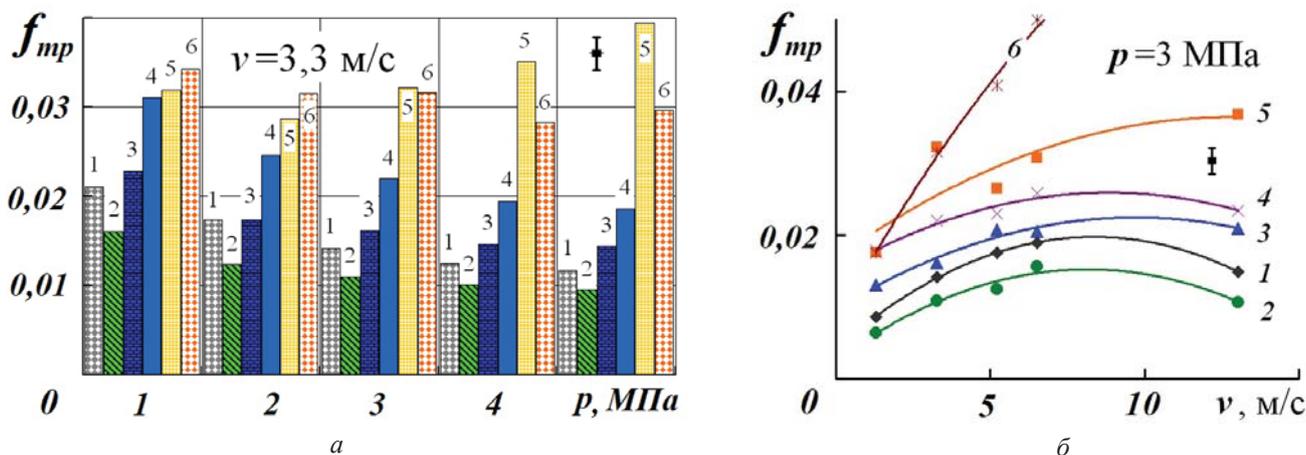
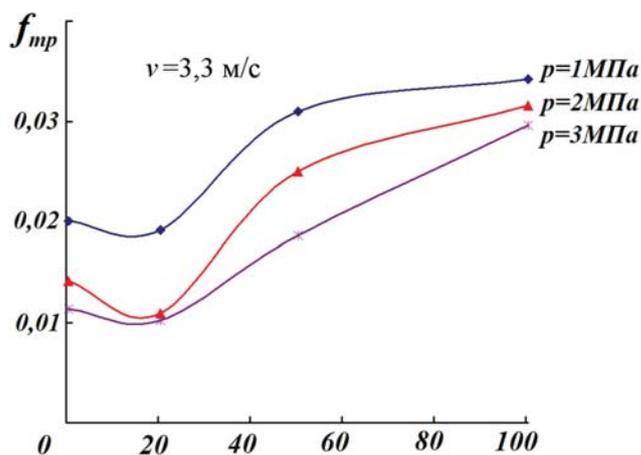


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения (f_{fr}):

а – от удельного давления p ; б – от скорости скольжения v .

1 – Б83; 2 – Б83(80%) + БрО10Ф1(20%); 3 – Б83(75%) + БрО10Ф1 (25%);
4 – Б83(50%) + БрО10Ф1(50%); 5 – Б83(25%) + БрО10Ф1(75%); 6 – БрО10Ф1



Содержание бронзы БрО10 в покрытии, % по объему

Рис. 3. Зависимость коэффициента трения f_{fr} напыленного покрытия от содержания порошка бронзы БрО10 при удельной нагрузке p 1, 2 и 3 МПа

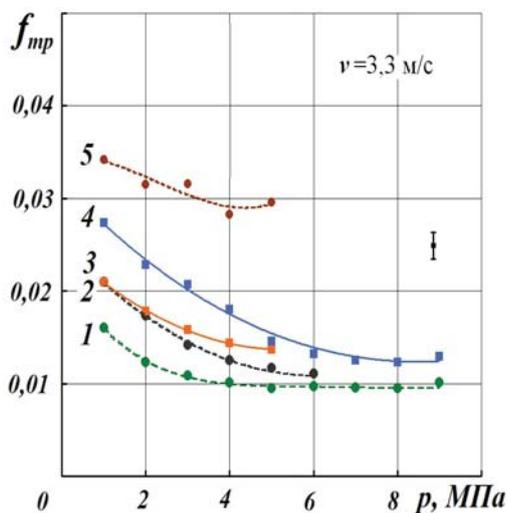
началом каждого этапа испытания. Удельную нагрузку p в зоне трения на каждой скорости скольжения ступенчато повышали от 0,5 МПа до запланированного значения с шагом 0,5 МПа. Продолжительность работы на каждой ступени нагружения составляла не менее 30 мин после окончания процесса приработки, о котором судили по стабилизации момента трения и температуры. Далее нагрузку ступенчато снижали с шагом 0,5 МПа и продолжительностью работы на каждой ступени 15–20 мин.

Для каждого материала испытания повторяли не менее трех раз с заменой образцов и обновлением поверхности контртела. Продолжительность каждого эксперимента составляла около десяти часов.

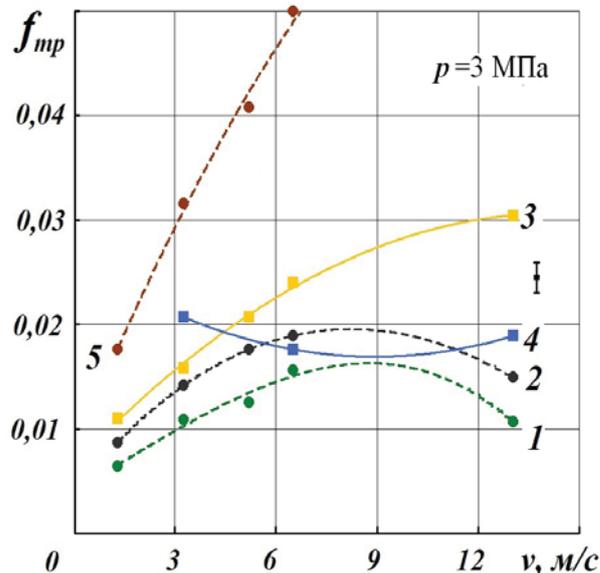
Для каждой нагрузки полученные значения M_m усреднялись и по их среднему значению рассчитывали коэффициенты трения f_{mp} .

Износ определяли методом отпечатков [7] при давлении $p = 1$ МПа и скорости скольжения $v = 6,5$ м/с. Интенсивность изнашивания на-

ходили согласно ГОСТ Р 50740 как отношение значения износа к пути, на котором происходило трение.



а



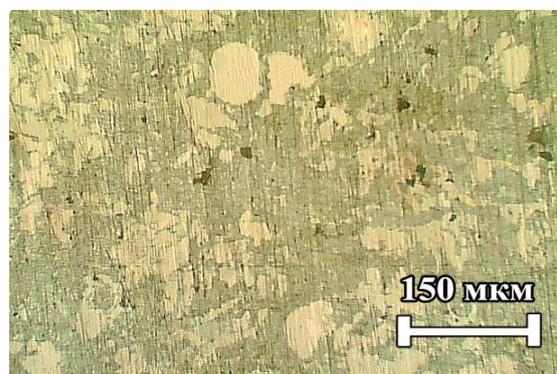
б

Рис. 4. Зависимость коэффициента трения f_{mp} исследованных материалов:

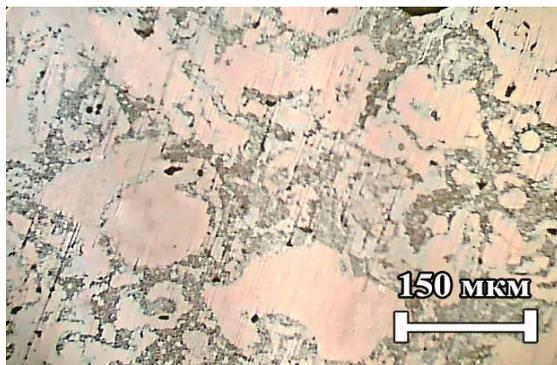
а – от удельного давления p при скорости скольжения $v = 3,3$ м/с; б – скорости скольжения v при удельном давлении $p = 3$ МПа. 1 – Б83(80%) + БрО10(20%); 2 – Б83 напыленный; 3 – БрО10 литая; 4 – Б83 литой; 5 – БрО10 напыленная



а



б



в



г

Рис. 5. Структуры плазменных покрытий: а – Б83; б – Б83 (80 %) + БрО10Ф1 (20 %); в – Б83 (25 %) + БрО10Ф1 (75 %); г – БрО10Ф1

На рис. 2 и 3 приведены наиболее характерные зависимости, полученные в результате испытаний.

В целом характер изменения коэффициента трения «комбинированных» покрытий в зависимости от внешних условий испытания совпадает с общеизвестными закономерностями [7, 8]. Также в испытаниях наблюдается вполне обоснованная картина увеличения коэффициента трения напыленного покрытия с увеличением содержания в нем бронзы.

Особый интерес среди испытанных материалов представляет покрытие, содержащее 80 %_{об} баббита Б83 и 20 %_{об} бронзы БрО10 (кривая 2 на рис. 2). Коэффициент трения этого материала существенно ниже коэффициента трения баббита Б83 и тем более бронзы БрО10 как в литом, так и в напыленном состоянии на всех нагрузочно-скоростных режимах испытания (рис. 4).

Причина пониженного коэффициента трения покрытия Б83 (80 %_{об}) + БрО10Ф1 (20 %_{об}) заключается в особой механофизике процесса трения этого «комбинированного» материала (рис. 5).

По нашему мнению, процесс трения выглядит следующим образом. При малых удельных нагрузках контакт напыленного покрытия со стальным контртелом происходит главным образом через относительно твердые включения бронзы. Внешнее трение всегда сопровождаются многочисленными физическими и химическими явлениями (деформа-

ционные, тепловые, электрические, адгезионные, различные хим. реакции и т.д.), которые в нашем случае обеспечивают образование на частицах напыленной бронзы слоя активной бронзовой (медной) пленки и ее фрикционно-механический перенос на контртело.

Увеличение удельной нагрузки приводит к вдавливанию «твердых» частиц бронзы в «мягкую» баббитовую основу, и в этом случае процесс трения формируется в паре баббит – бронзовая пленка. Частицы бронзы выступают «донорами», поддерживающими слой меди на поверхности контртела. Трение при этом обусловлено комплексом процессов, сопутствующих «избирательному» переносу [4] совместно с особенностями трения пористого напыленного покрытия.

Отдельные результаты испытаний на износ разработанных покрытий, в сравнении с базовыми материалами приведены в табл. 2.

Согласно результатам испытаний, представленным в табл. 2, интенсивность изнашивания напыленного баббита ниже, чем литого, более чем в 2 раза, а коэффициент трения – в 1,4 раза. В данном случае это может быть обусловлено повышенной маслоемкостью пористого рабочего слоя.

Для бронзы БрО10 интенсивность изнашивания напыленного покрытия в 3,4 раза ниже, чем литого сплава, в то время как его коэффициент трения выше в 2 раза. Это, по нашему мнению, обусловлено

активным переносом напыленной бронзы на контртело и последующим трением «бронзы по бронзе», что сопровождается увеличением коэффициента трения такой пары.

Наилучшее сочетание коэффициента трения и интенсивности изнашивания имеет предложенный нами материал, напыленный смесью порошков баббита Б83 (80 %_{об}) и бронзы БрО10Ф1 (20 %_{об}). По нашему мнению, антифрикционность можно было бы оценивать соотношением коэффициента трения и интенсивности изнашивания, а именно произведением этих показателей. Так, для литых бронзы БрО10 и баббита Б83 произведение $f_{тр} \cdot I$ равно соответственно $8,4 \cdot 10^{-4}$ и $33,4 \cdot 10^{-4}$, для напыленных бронзы БрО10 и баббита Б83 – $5,0 \cdot 10^{-4}$ и $10,2 \cdot 10^{-3}$ соответственно, а для предлагаемого материала это произведение в испытанных условиях минимально – $f_{тр} \cdot I = 3,6 \cdot 10^{-4}$. Такое соотношение коэффициента трения и интенсивности изнашивания обусловлено особенностями процесса трения этого покрытия, рассмотренными ранее.

Особенностью разработанного антифрикционного материала является пониженный коэффициент трения как при малых скоростях трения, что характерно для бронз, так и при повышенных, что характерно для баббитов в сочетании с низкой интенсивностью изнашивания, т. е. объединены положительные триботехнические свойства оловянных бронз и баббитов.

Таблица 2

Интенсивность изнашивания и коэффициент трения исследованных материалов

Материал	Интенсивность изнашивания <i>I</i>		Коэффициент трения $f_{тр}$
	мкм/150 км	мкм/км	
Б83 литой	25,7	0,166	0,0201
Б83 напыленный	11,2	0,073	0,0141
БрО10 литая	8,2	0,053	0,0158
БрО10 напыленная	2,4	0,016	0,0316
Б83(80 % _{об}) + БрО10Ф1 (20 % _{об}) напыленный	4,8	0,033	0,0109

Примечание: $f_{тр}$ приведен для $p = 3$ МПа и $v = 3,3$ м/с

Библиографический список

1. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун [и др.]; под общ. ред. А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2003. 576 с.
2. Зернин М. В., Яковлев А. В. К исследованию усталостной долговечности баббитового слоя тяжело нагруженных подшипников скольжения // Заводская лаборатория. 1997. Т. 63. №11. С. 39–47.
3. Материаловедение: учебник для высш. техн. учеб. завед. / под общ. ред. Б. Н. Арзамасова. 2-е изд., испр. и доп. М.: Машиностроение, 1986. 384 с.
4. Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность): учебник. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МСХА, 2001. 616 с.
5. Трение, изнашивание и смазка: справочник: в 2 кн. / под ред. И.В. Крагельского и В.В. Алисина. М.: Машиностроение, 1979.
6. Хмелевская В. Б., Хамзин Р. М., Володин В. И. Технология газотермического напыления при изготовлении и ремонте подшипников скольжения. СПб.: СПбГТУ, 2002.
7. Крагельский И.В. Трение и износ. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1968.
8. Меделяев И. А. Физические представления о процессах трения и изнашивания при граничной смазке // Вестник машиностроения. 2005. № 11. С. 27–38.

УДК 339.137.24

Н.К. Казанцева, Т.В. Казанцева
Уральский федеральный университет,
г. Екатеринбург

ДОСЬЕ: ОРГАНЫ ПО СЕРТИФИКАЦИИ

Качество продукции и услуг – один из важнейших критериев конкурентоспособности в настоящее время. Пути повышения качества продукции и услуг волнуют практически всех производителей мира независимо от размера их бизнеса и степени успешности.

Наличие у производителя системы качества – это обязательное условие успеха на пути борьбы за качество, а сертифицированная система качества на соответствие различным стандартам – обязательный атрибут.

В мире сформировалась определенная иерархия органов по сертификации, признанных и пользующихся заслуженным авторитетом и имеющих определенные преимущества в различных регионах мира. Добровольная сертификация процессов, продукции, услуг на соответствие международно-признанным нормам и правилам при выходе на международный рынок практически неизбежна.

Наибольшее распространение в настоящее время получили следующие стандарты: система менеджмента качества (стандарты серии ISO 9000); система экологического менеджмента (стандарты серии ISO 14001); система менеджмен-

та профессионального здоровья и безопасности (стандарты серии OHSAS 18001). Существует огромное количество других систем менее известных, но не менее авторитетных. Для автомобильного рынка действуют специальные системы менеджмента: системы менеджмента качества в автомобильной промышленности и для производителей автомобильных компонентов (**ISO/TS 16949**), немецкий стандарт качества, разработанный для поставщиков запасных частей и комплектующих в автомобильной отрасли (**VDA 6.1**), немецкий стандарт качества для обслуживающих организаций – автодилеров, сервисных центров, тюнинг-компаний, изготовителей прототипов – (**VDA 6.2**). Кроме того, серьезному заказчику или потребителю продукции важно знать не только по каким стандартам проводилась сертификационная проверка, но и какой орган по сертификации ее выполнял. Следовательно, продавцу товара наряду с системой сертификации очень важно правильно выбрать и орган по сертификации. Только в этом случае полученный сертификат действительно повысит конкурентоспособность продук-

ции, положительно подчеркнут ее имидж.

Таким образом, перед каждым производителем рано или поздно встает вопрос о выборе органа по сертификации.

В настоящее время на российском рынке наряду с российскими органами по сертификации работают и авторитетные международные, такие как: Bureau Veritas Certification, Societe Generale de Surveillance, Technische Ubervahungs Verein, Lloyd's Register Quality Assurance и др.

Эти органы по сертификации в большей или меньшей степени известны, многие предприятия РФ имеют сертификаты соответствия, полученные в этих органах, однако информация, присутствующая по данному вопросу в различных источниках, весьма скудная и отрывочная. Авторами сделана попытка обобщить имеющуюся информацию и представить некое досье на известные органы по сертификации. Сведения об органах по сертификации приведены в табл. 1–6, встречающиеся сокращения по обозначению области сертификации – в табл. 7, а расшифровка ссылок на органы по аккредитации органов по сертификации – в табл. 8.