

УДК 621.9.048

DOI: 10.12737/article_59d496ea793738.95693360

Ю.А. Моргунов, к.т.н.

(Московский политехнический университет, 107023, Москва, ул. Б.Семеновская, 38)

E-mail: morgunov56@mail.ru

Наукометрический анализ развития наукоёмких технологий физико-химической обработки

Приведен наукометрический анализ динамики развития наукоёмких технологий машиностроения. Показано, что сформировалось новое научное направление – кластер методов и технологий физико-химической обработки материалов. Показано, что в условиях ограниченных ресурсов выбор приоритетных направлений развития становится, как никогда, актуальным. Отсутствие объективных критериев оценки и процедуры выбора приоритетных направлений сказывается на финансировании научно-исследовательских работ и темпах развития отдельных технологических направлений.

Ключевые слова: технологический кластер; физико-химические методы и технологии; наукоёмкие технологии.

Yu.A. Morgunov, Can. Eng.

(Moscow Polytechnic University 38, Bolshaya Semenovskaya Str., Moscow 107023)

Science metering analysis of science intensive technologies development for physic-chemical treatment

A science metering analysis of the dynamics of science intensive technologies development in mechanical engineering is shown. It is shown, that a new scientific direction – a cluster of methods and technologies of material physic-chemical treatment is formed. It is shown, that under conditions of limited resources a choice of priority directions of development becomes urgent as never before. The absence of objective criteria in the assessment and procedure of the priority directions choice affects financing research works and rates of separate technological directions development.

Keywords: technological cluster; physic-chemical methods and techniques; science intensive technologies.

Технологии физико-химической обработки материалов относят к ключевым наукоёмким технологиям машиностроительного производства [1]. Анализ динамики их развития позволяет выявить основные пути совершенствования этого технологического кластера, очертить сферу эффективного промышленного использования и сделать обоснованные прогнозы.

Статистические исследования проведены методом малых выборок путем анализа материалов авторитетного международного сим-

позиума по электрической обработке материалов (International Symposium for Electromachining, ISEM), проводимого раз в три года (табл. 1) [2].

Материалы этого симпозиума рецензируются, отражают важнейшие результаты, полученные мировым технологическим сообществом за указанный период и отличаются высоким уровнем представления. С целью оценки достоверности результатов проводились также анализ публикаций по выделенной тематике по материалам реферативного российского

журнала «Технология машиностроения» и сопоставление полученных результатов [3].

1. Динамика количества стран-участниц и количества представленных докладов по материалам ISEM

Симпозиум	Число докладов	Число стран-участниц
ISEM–III (1970)	54	12
ISEM–IV (1974)	38	10
ISEM–V (1977)	76	15
ISEM–VI (1980)	77	16
ISEM–VII (1983)	24	13
ISEM–VIII (1986)	48	11
ISEM–IX (1989)	111	17
ISEM–X (1992)	81	16
ISEM–XI (1995)	97	17
ISEM–XII (1998)	67	15
ISEM–XIII (2001)	89	20
ISEM–XIV (2004)	105	19
ISEM–XV (2007)	115	16
ISEM–XVI (2010)	127	20
ISEM–XVII (2013)	109	21
ISEM–XVIII (2016)	162	22

Уровень научного потенциала стран мира в рассматриваемой области мирового технологического пространства оценивался по степени их участия в этом форуме (количество

представленных докладов). Продолжительный период времени (50 лет) позволяет нивелировать случайные факторы.

Около 20 стран мира, обладающих необходимым научно-техническим потенциалом, развитым производством соответствующего уровня и квалифицированными кадрами активно развивают и используют технологии физико-химической обработки для создания наукоемкой продукции.

Анализ имеющихся данных показал устойчивое возрастание во времени числа стран-участниц Международного симпозиума (ISEM), количества новых технологических направлений и общего числа представленных докладов. Под технологическим направлением в нашем случае понимают не только технологии, основанные на новом методе обработки [4], но и новые применения известных методов, например, аддитивные технологии [5], технологии микро- и нанообработки [6] и пр.

До 1970 г. к технологиям физико-химической обработки материалов относили только технологии электроэрозионной (ЭЭО) и электрохимической (ЭХО) обработки. На симпозиуме ISEM-XVIII (2016 г.) было представлено уже 10 разветвленных технологических направлений (рис. 1), (в работе участвовали 22 страны, представившие 162 доклада).

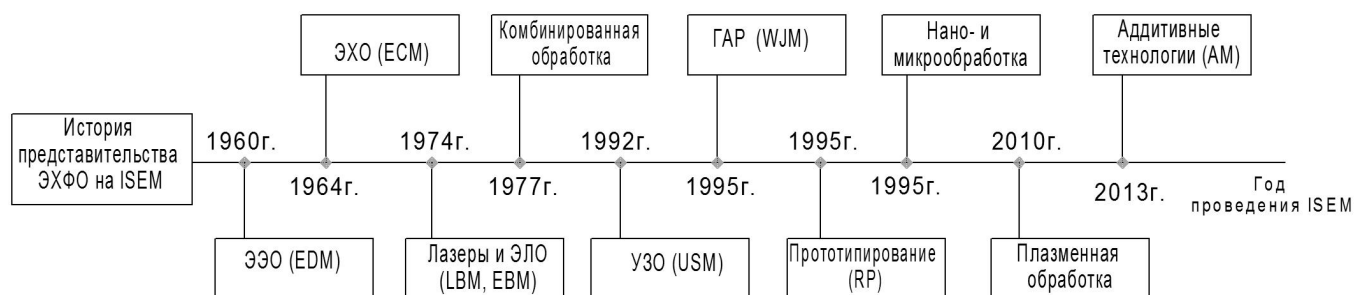


Рис. 1. Представление новых технологических направлений на симпозиумах ISEM

Снижение числа стран-участниц ISEM-1986 связано с тем, что симпозиум проходил в Москве и по времени совпал с Чернобыльской катастрофой. Спады 1998 г. (Аахен, Германия) и 2007 г. (Питсбург, США) являются, прежде всего, следствием мирового экономического кризиса.

Если число научных направлений возрастает монотонно, то изменение числа стран-участниц и количества представленных докладов носит циклический характер с периодом 9 – 15 лет. На рис. 2 показано распределение представленных докладов по отдельным направлениям физико-химической обработки.

Видно, что электроэрозионная обработка, доля которой составляет 50... 55 %, занимает стабильное и доминирующее положение. Напротив, доля работ по электрохимической обработке в начале 1980-х резко снизилась, а затем стабилизировалась на уровне 15... 20 %.

Анализ научных публикаций по этой тематике по данным реферативного журнала «Технология машиностроения», проведенный за период с 1980 по 2016 гг. показал примерно те же результаты, что подтверждает взаимосвязь динамики развития физико-химических методов и технологий в странах мира с их уровнем публикационной активности. Это указывает

на правомерность используемой нами выборки (ISEM) и подтверждает достоверность об-

суждаемых результатов.

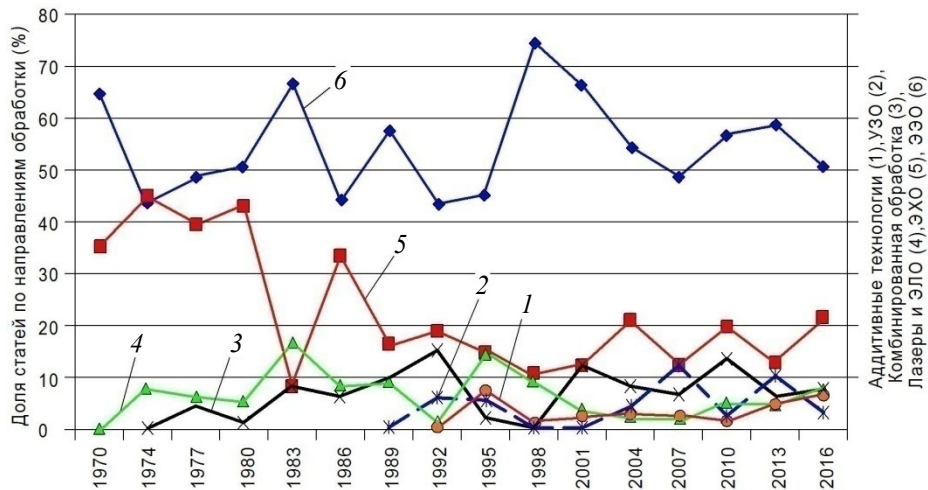


Рис. 2. Динамика развития отдельных методов и технологий физико-химической обработки по данным ISEM

Спад публикационной активности в области ЭХО начала 1980-х гг. связан с повышением конкурентоспособности технологий обработки резанием в результате появления относительно дешевых и эффективных систем ЧПУ и оснащения ими многокоординатных фрезерных станков. В связи с этим обострился один из основных недостатков технологий, основанных на методе прямого копирования, – *низкий уровень унификации технологий ЭХО.*

Это приводит к увеличению ресурсозатрат при технологической подготовке производства новых изделий, малой фондоотдаче из-за недостаточной загруженности станочного парка электрохимических станков, снижению производительности труда.

Увеличилась доля комбинированных и гибридных технологий. В начале 1990-х гг. отчетливо проявился интерес индустриально развитых стран к освоению новых направле-

ний рассматриваемого технологического кластера: технологиям быстрого прототипирования (RP), различным вариантам ультразвуковой обработки, аддитивным технологиям. Следует заметить, что относительно небольшая, но стабильная, доля публикаций по лазерным технологиям в материалах ISEM объясняется наличием профильных специализированных изданий и конференций по этому направлению.

В начале 21 века заметно изменяется вектор направления развития и применения отдельных методов и технологий физико-химической обработки. Так, значительная доля опубликованных научных работ по ЭЭО, ЭХО, лазерной обработке приходится на технологии микро- и нанообработки изделий. Динамику развития и совершенствования ТФХО можно проследить на примере развития электроэрозионной обработки (рис. 3).

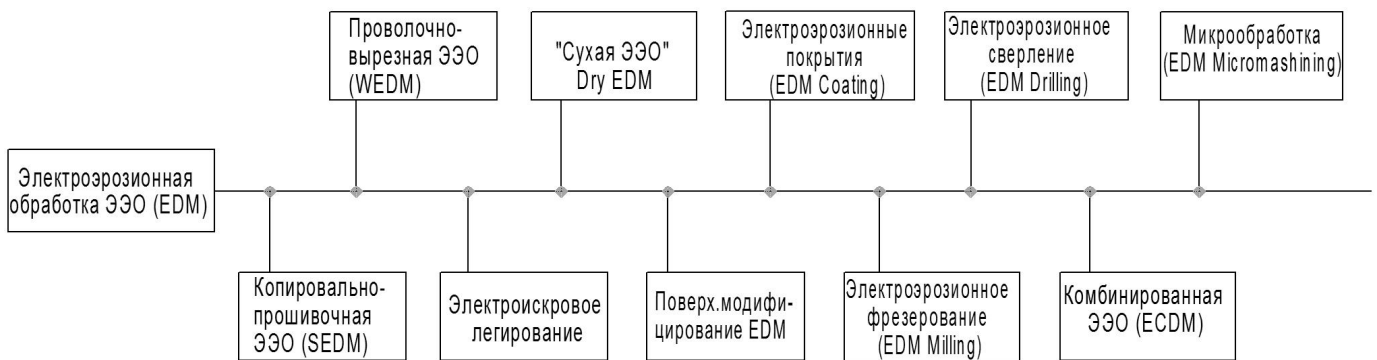


Рис. 3. Тенденции в развитии технологий электроэрозионной обработки

По мере развития технологий ЭЭО широкое распространение получают комбинированные методы обработки с использованием ЭЭО, развиваются новые и совершенствуются существующие направления.

Среди стран-участниц можно выделить страны с высоким промышленным потенциалом в области ТФХО, которые регулярно участвовали и участвуют в этом всемирном форуме. И если доля публикаций таких стран как Польша, Швейцария, Англия за рассматриваемый период в среднем составляет 5...6 %, то Тайвань, Япония и Китай в последние 15–20 лет сделали существенный рывок в области этих технологий. Это хорошо согласуется с заметным повышением индекса индуст-

риального развития передовых стран Азиатско-тихоокеанского региона в указанный период.

Для того чтобы нивелировать разброс полученных результатов по годам проведения ISEM, который обусловлен различными причинами политического, экономического, экологического характера, выбраны четыре периода для оценки публикационной активности стран в области ТФХО: 1 – с 1970 по 1980 г., 2 – с 1980 по 1992 г., 3 – с 1992 по 2004 г., 4 – с 2004 по 2016 г. Это позволило наглядно увидеть тенденции развития этих технологий в различных странах мира.

На рис. 4 представлена публикационная активность ведущих индустриальных стран мира за указанный период времени.

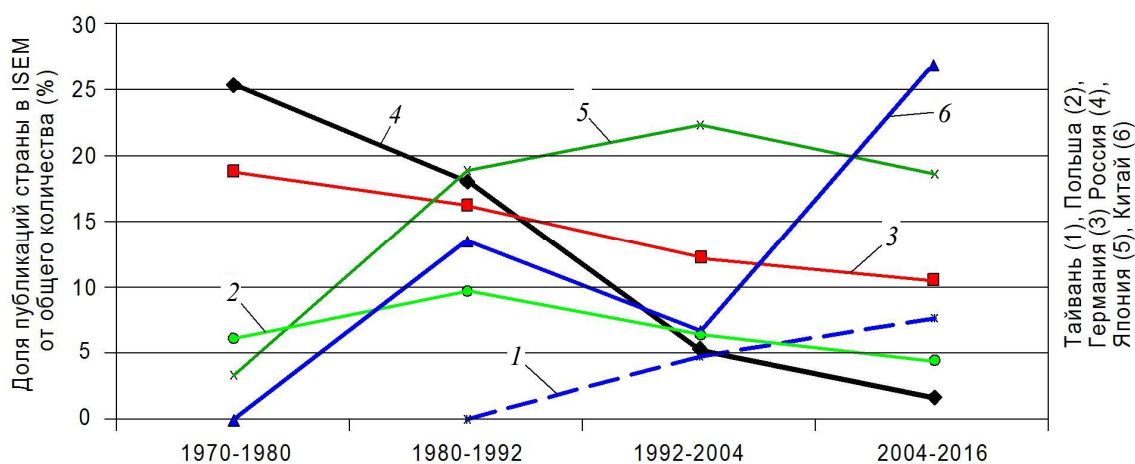


Рис. 4. Динамика развития ТФХО в различных странах мира

На каждом временном этапе были выбраны 9–11 стран, суммарная доля публикаций которых была не менее 80...85 % от общего числа публикаций. Полученные результаты позволили выполнить ранжирование наиболее развитых стран в области этих технологий (рис. 5). Эти результаты хорошо коррелируются с данными, приведенными в [7], где рассматривается динамика производства металлообрабатывающего оборудования (МОО) в странах мира за период с 1995 по 2015 г. Считают, что уровень производства металлообрабатывающего оборудования является объективным показателем индустриального развития страны, а динамика таких показателей отражает состояние мировой экономики.

В [7] приведен также рейтинг стран-лидеров в производстве МОО и их процентная доля в мировом производстве станков и кузнечно-прессового оборудования за последние 50 лет. Показано, что развитие мирового станкостроения также имеет циклический

характер.

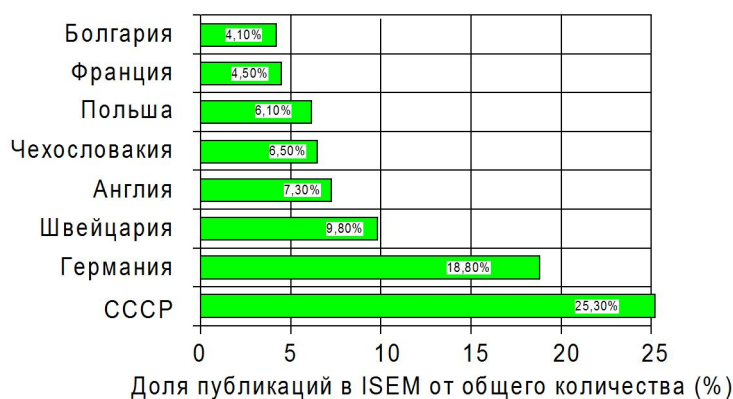
Отметим резкое снижение рейтинга России с 1–2 до 15 места и доли ее публикаций по тематике ТФХО с 25 % до 1–2 %, что указывает на угрозу потери нашей страной технологического суверенитета в этой области. На возможность подобного развития событий указывал академик К.В. Фролов в конце 1990-х гг. Деградация наукоёмких технологий в России является следствием заметного снижения социально-экономических показателей развития страны, вызванного гуманитарным коллапсом 1990-х гг. В результате состояние дел в России в области развития научного потенциала машиностроения выглядит удручающе – появилась, как технологическая зависимость от передовых индустриально развитых стран в области наукоёмких технологий, так и импортная зависимость от них в высокотехнологичном оборудовании. В настоящее время доля импорта наукоёмкой продукции составляет более 80 %.

ТФХО

1 период:
с 1970 г. по 1980 г.

Рейтинг стран:

1. СССР
2. ФРГ
3. Швейцария

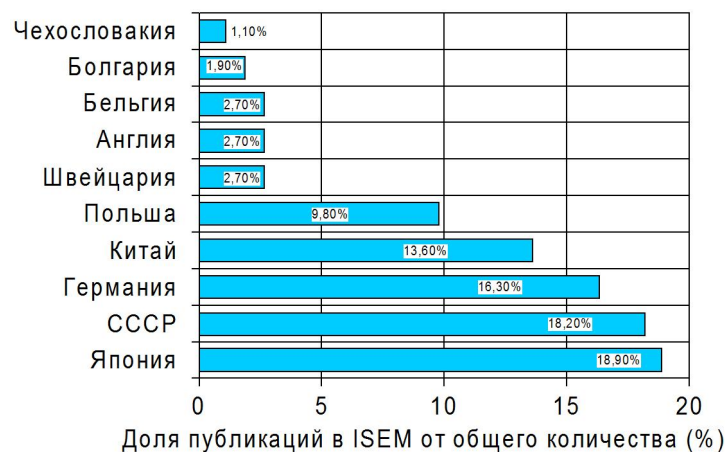


ТФХО

2 период:
с 1980 г. по 1992 г.

Рейтинг стран:

1. Япония
2. СССР
3. ФРГ

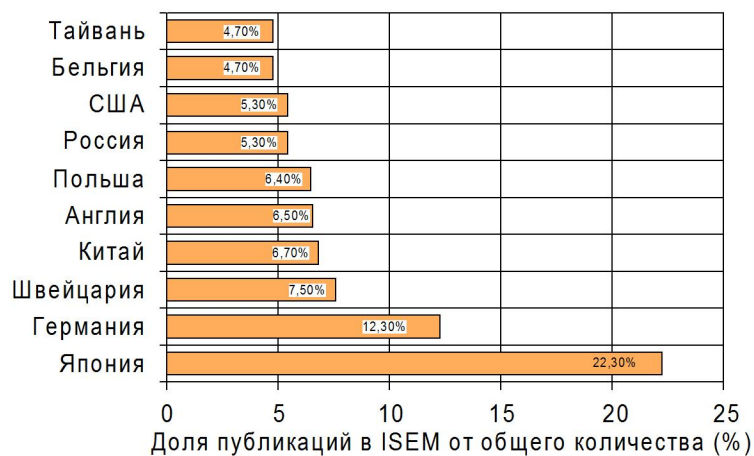


ТФХО

3 период:
с 1992 г. по 2004 г.

Рейтинг стран:

1. Япония
2. Швейцария
3. Германия
4. Китай
-
7. Россия



ТФХО

4 период:
с 2004 г. по 2016г.

Рейтинг стран:

1. Китай
2. Япония
3. Германия
-
15. Россия

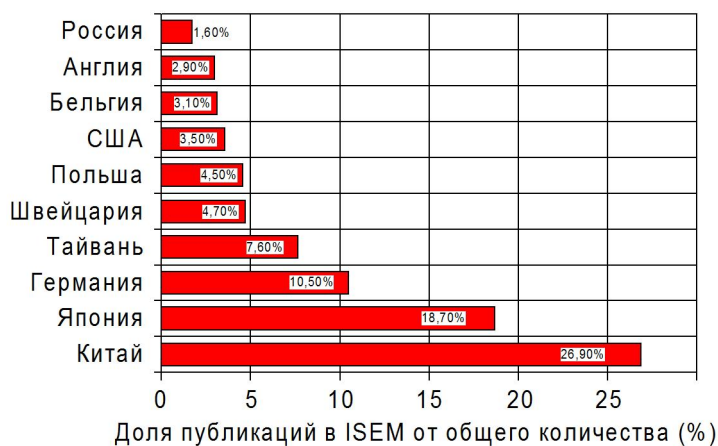


Рис. 5. Сопоставление рейтингов стран в области ТФХО (по данным ISEM)

Одним из реальных путей сохранения присутствия России на рынке наукоемких технологий является концентрация усилий и ресурсов на тех технологических направлениях, которые наиболее востребованы и перспективны. К сожалению, к настоящему времени критерии оценки и процедуры выбора приоритетных направлений развития разработаны недостаточно или просто отсутствуют. Все это сказывается на финансировании научно-исследовательских работ и темпах развития отдельных технологических направлений.

В сложившейся геополитической ситуации и в условиях ограниченных ресурсов вопросы выбора приоритетных направлений развития наукоемких технологий становятся, как никогда, актуальными.

Выводы:

1. В 1960–70-е гг. в мировом технологическом пространстве сформировалось новое научное направление в технологии машиностроения – кластер методов и технологий физико-химической обработки материалов. Это направление интенсивно развивается, увеличивается научный задел, появляются новые и развиваются существующие методы и технологии, осваиваются новые области их эффективного применения.

2. Электроэрозионная обработка демонстрирует стабильный уровень конкурентоспособности, сформулирована и четко очерчена область эффективного применения соответствующих технологий. Метод широко применяется в комбинированных и гибридных технологиях обработки.

3. За последние тридцать лет заметно снизился уровень конкурентоспособности электрохимической размерной обработки, что связано с наличием ряда нерешенных научных, технических и организационных проблем, например, с относительно низким уровнем унификации технологий. Вместе с тем, этот метод основан на удалении материала на атомном уровне, и, по всей видимости, его инновационный потенциал далеко не исчерпан.

4. Физико-химические процессы и методы лежат в основе большинства известных технологий размерного аддитивного формообразования. Расширение области применения таких технологий, особенно при изготовлении изделий из металлов и сплавов, требует создания опережающего научного задела в этой области.

5. В условиях ограниченности ресурсов, выделяемых на технологические нововведения и высоких рисков, связанных с коммерциализацией результатов необходим тщательный и глубоко обоснованный подход к выбору технологических объектов и направлений, инвестирование которых наиболее эффективно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Наукоемкие** технологии машиностроительного производства: физико-химические методы и технологии: учебное пособие / Ю.А. Моргунов, Д.В. Панов, Б.П. Саушкин, С.Б. Саушкин; под ред. Б.П. Саушкина. – М.: Издательство «Форум», 2013. – 928 с.

2. **Proceeding of International Symposium for Electromachining (ISEM)**. 1970–2016.

3. **Реферативный журнал «Технология машиностроения»**. 1980–2016 гг.

4. **Моргунов, Ю.А., Саушкин, Б.П., Шандров, Б.В.** Развитие понятийного аппарата технологии машиностроения // Справочник. Инженерный журнал. – 2016. – № 4(58). – С. 3–7.

5. **Моргунов, Ю.А., Саушкин, Б.П.** Технологические аспекты аддитивного формообразования // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2016. – № 7(61) – С. 4–8.

6. **Астахов, Ю.П., Кочергин, С.А., Митрюшин, Е.А., Моргунов, Ю.А., Саушкин, Г.Б., Саушкин, Б.П.** Микрообработка поверхностных рельефов с применением физико-химических методов воздействия на материал // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2012. – № 7(13). – С. 33–38.

7. **Воеводов, А.А.** Мировое станкостроение -2015 // Комплект «ИТО». – 2016. – №5. – С. 58–92.

REFERENCES

1. *Science Intensive Technologies of Mechanical Engineering: Physic-Chemical Methods and Techniques: manual / Yu.A. Morgunov, D.V. Panov, B.P. Saushkin, S.B. Saushkin; under the editorship of B.P. Saushkin. – M.: Publishing House “Forum”, 2013. – pp. 928.*

2. *Proceeding of International Symposium for Electromachining (ISEM)*. 1970–2016.

3. *Summary journal “Engineering Techniques”*. 1980–2016.

4. **Morgunov, Yu.A., Saushkin, B.P., Shandrov, B.V.** Engineering technique conceptual apparatus development // *Reference Book. Engineering Journal*. – 2016. – No. 4(58). – pp. 3–7.

5. **Morgunov, Yu.A., Saushkin, B.P.** Technological aspects of additive shaping // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2016. – No.7(61) – pp. 4–8.

6. **Astakhov, Yu.P., Kochergin, S.A., Mitryushin, E.A., Morgunov, Yu.A., Saushkin, G.B., Saushkin, B.P.** Surface profile micro-treatment using methods of physic-chemical impact upon material // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering*. – 2012. – No.7. – pp. 33–38.

7. **Voevodov, A.A.** *World Engineering Tools – 2015* // *Complect “ITO”*. – 2016. – No.5. – pp. 58–92.

Рецензент д.т.н. В.П. Смоленцев