

## СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ТРУБ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРЕСС-ИГЛЫ

Я.И. Космацкий<sup>1</sup>, Н.В. Фокин<sup>1</sup>, Д.В. Перевозчиков<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», г. Челябинск;

<sup>2</sup> Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Обоснована задача исследования процесса прессования труб с применением дополнительного вращательного движения пресс-иглы. Показаны основные результаты проведенных ранее исследований в указанной области совершенствования трубопрессовых систем. Представлены технологические основы процесса прессования труб с винтообразным оребрением внутренней поверхности. Объясняется цель конструирования установки для прессования труб при одновременном вращении пресс-иглы. Также представлены основные зависимости для определения геометрических параметров профилировки пресс-игл с винтообразными нарезками, обеспечивающими изготовление труб с винтообразным оребрением внутренней поверхности. Приведено описание конструкции установки, принцип ее работы и технические характеристики. Определены перспективы использования спроектированной установки для исследования процесса прессования гладких труб, и труб с внутренним винтообразным оребрением, получаемых посредством вращения пресс-иглы.

*Ключевые слова:* прессование, прессование с вращением пресс-иглы, прессование труб с внутренним оребрением, снижение усилия при прессовании, экспериментальная установка для прессования труб.

Лабораторией волочения и прессования ОАО «РосНИТИ» проводятся комплексные научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование как действующих трубопрессовых систем, так и проектирование новых технологий производства бесшовных труб и новых видов продукции для Российского рынка. В условиях современных международных экономических отношений, предполагающих схему импортозамещения, при необходимости одновременного увеличения не только объемов производства, но и выпуска новых видов трубной продукции, требуется интенсификация исследований трубопрессовых систем по следующим направлениям. Во-первых, к перспективным направлениям исследований относятся работы [1–4] в области снижения пикового усилия при прессовании труб, что особенно важно при их изготовлении из труднодеформируемых сплавов. Во-вторых, разработка новых теоретических и технологических основ процесса прессования с принудительным вращательным движением пресс-иглы, обеспечивающего снижение усилия прессования [5, 6] и при определенной конфигурации прессового инструмента в совокупности с кинематическими характеристиками процесса, изготовление горячепрессованных труб с винтообразным оребрением внутренней поверхности.

Коллективом авторов была предложена оригинальная методика расчета геометрических параметров пресс-иглы [7], согласно которой, исполь-

зование пресс-иглы с формой нарезков, представленной на рис. 1, обеспечивает стабильное истечение металла и выполнение внутреннего профиля трубы.

Так, с целью обеспечения стабильности процесса и сохранения качества внутренней поверхности изделия, предлагается выполнять на пресс-игле два участка нарезков с соответствующим шагом. При этом длина первого участка пресс-иглы  $L_1$  соответствует коническому участку матрицы, второго  $L_2$  – калибрующему и, соответственно, готовым нарезкам на внутренней поверхности трубы.

Шаг винтового оребрения  $S_{\text{кон}}$  на участке пресс-иглы, соответствующем коническому участку матрицы в любом ее сечении, определяется по зависимости

$$S(z) = \frac{S(D_T^2 - d_{\text{и}}^2)}{k^2 z^2 - 2D_{\text{ВМ}}kz + D_{\text{ВМ}}^2 - d_{\text{и}}^2}, \quad (1)$$

где  $S$  – шаг оребрения на трубе;  $D_T$  – диаметр трубы,  $D_{\text{ВМ}}$  – диаметр воронки матрицы;  $d_{\text{и}}$  – диаметр пресс-иглы;  $z$  – координата сечения вдоль оси пресс-иглы;  $k$  – коэффициент вычисляемый по формуле

$$k = \frac{D_{\text{конМ}} - D_{\text{ЦМ}}}{L}, \quad (2)$$

где  $L$  – длина проекции на ось пресс-иглы конического участка матрицы.

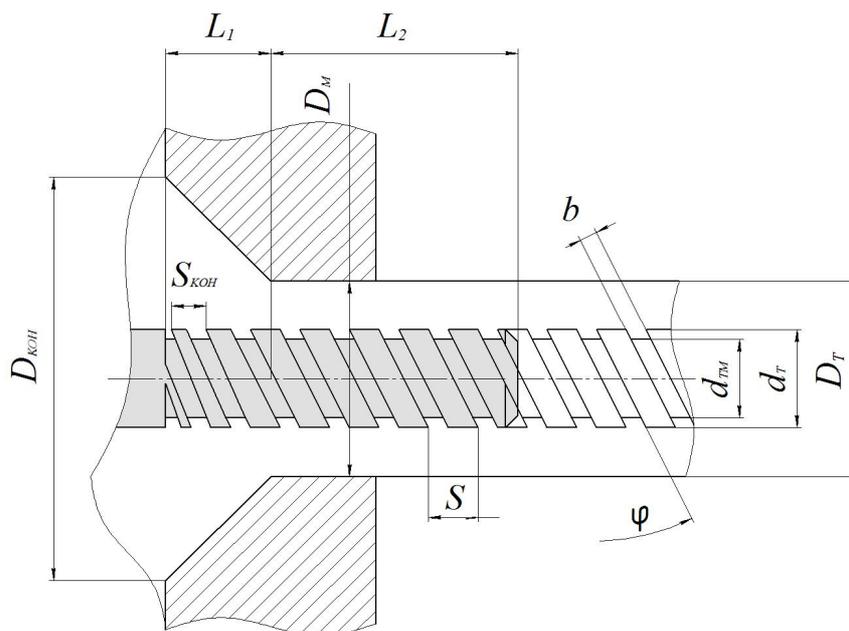


Рис. 1. Геометрические параметры системы «пресс-игла – труба с внутренними винтовыми нарезами»

Площадь поперечного сечения нарезов изменяется по зависимости

$$F_{\text{НАР}}(z) = \left( \frac{\pi k^2 z^2}{4} - \frac{\pi D_{\text{ВМ}} k z}{2} + \frac{\pi (D_{\text{ВМ}}^2 - d_{\text{И}}^2)}{4} \right) \times \frac{\Delta h b_1 - \frac{b_1^3}{12 d_{\text{И}}}}{\frac{\pi (D_{\text{Т}}^2 - d_{\text{И}}^2) + \Delta h b_1 - \frac{b_1^3}{12 d_{\text{И}}}}, \quad (3)$$

где  $\Delta h$  – глубина нареза на пресс-игле, или высота оребрения;  $b_1$  – вычисляется по формуле

$$b_1 = \frac{b_0 \cdot \sqrt{S^2 + \pi^2 d_{\text{И}}^2}}{S}, \quad (4)$$

где  $b_0$  – ширина оребрения.

С целью удобства выполнения оперативных расчетов формы и размеров оребрения разработан автоматизированный программный комплекс [8] (рис. 2), в алгоритм которого заложена разработанная методика [6].

Оценки эффективности предложенной методики [6], проводилась при выполнении компьютерного моделирования исследуемого процесса с использованием программного продукта QForm 2D/3D.

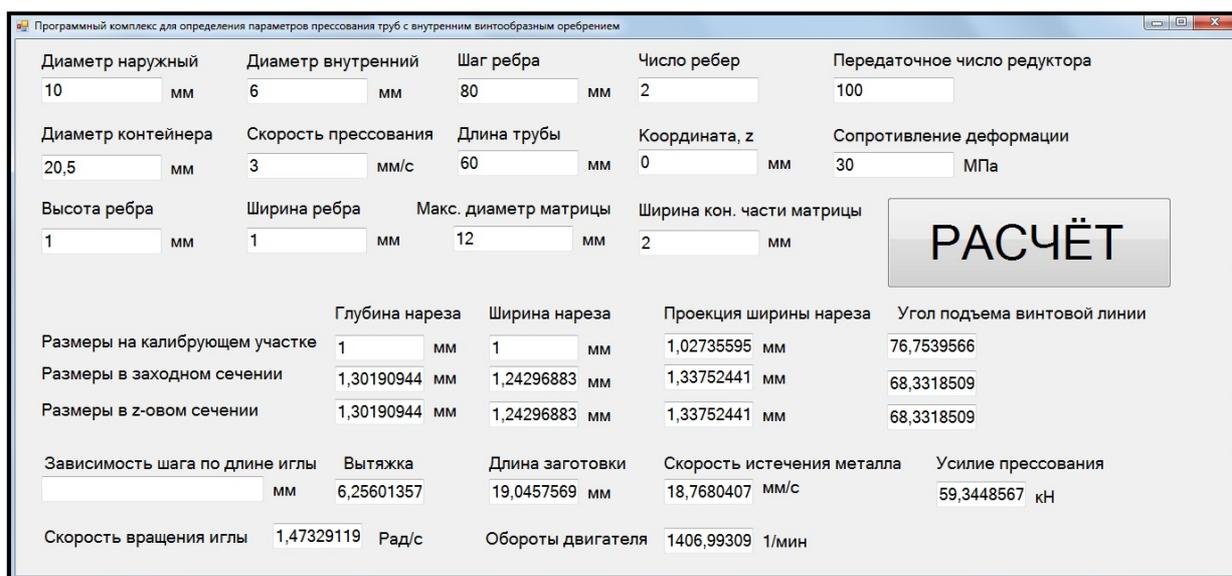


Рис. 2. Интерфейс программного комплекса для определения параметров прессования труб с внутренним винтообразным оребрением

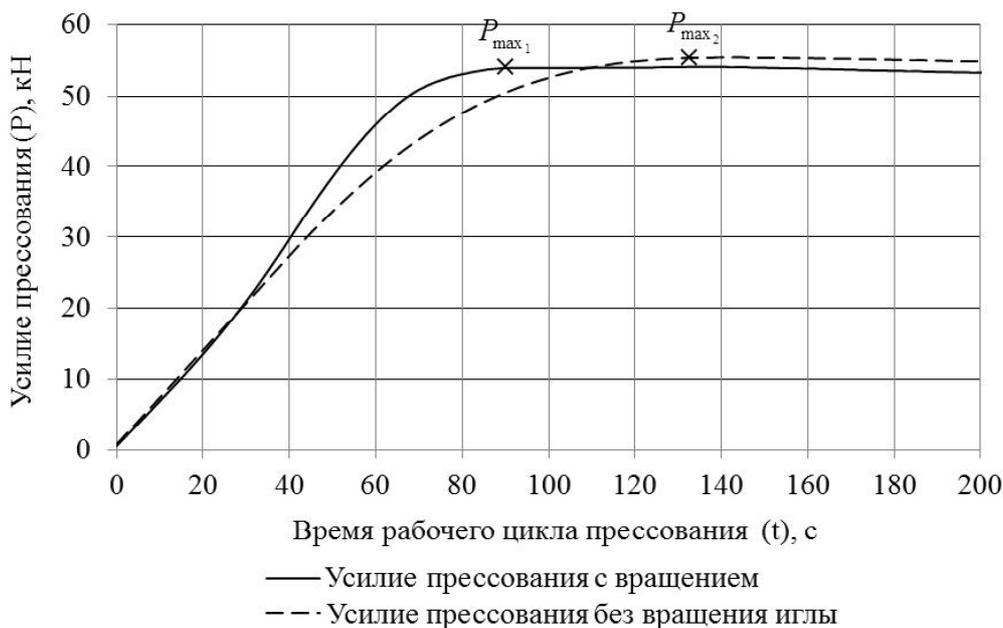


Рис. 3. Зависимости средних значений усилия прессования от длительности рабочего цикла:

$$P_{\max_1} = 54,1 \text{ кН} ; P_{\max_2} = 55,4 \text{ кН}$$

В соответствии с представленным на рис. 3, графическими зависимостями изменения усилия прессования при изготовлении труб из свинца марки С1 размером 10×2,0 мм, с внутренним винтообразным оребрением с шагом 80 мм, высотой и шириной ребра, соответственно, 1,0 и 1,0 мм и аналогичных труб без оребрения, отмечается понижение на ~ 2,5 % максимального усилия прессования труб, изготавливаемых с дополнительной операцией – вращением пресс-иглы.

С целью получения новых эмпирических закономерностей энергосиловых параметров исследуемого процесса в зависимости от изменения скоростных режимов прессования, а также геометрических параметров инструмента, требуется дальнейшее проведение экспериментального исследования.

Так для проведения физического моделирования исследуемого процесса лабораторией волочения и прессования труб совместно с конструкторским бюро ОАО «РосНИТИ» была спроектирована экспериментальная установка, основные технические характеристики которой представлены в таблице, а эскиз изображен на рис. 4.

Заготовка с предварительно выполненным осевым отверстием, размещается в полости гайки 10 и направляющей опоры 2. Полость гайки 10 и направляющей опоры обеспечивают конструктивное исполнение пресс-контейнера. На гайке 10 и матрицедержателе 8 выполнена резьба, с помощью которой обеспечивается соосное направлению прессования фиксирование матрицы 9. Конечный участок пресс-иглы 12, вводится в осевое отверстие заготовки, которая размещается на торцевой

поверхности пуансона 4. Пуансон 4 в течение рабочего цикла прессования, под воздействием усилия, создаваемого движением траверсы 11, выдавливает заготовку через осевое отверстие, образованное матрицей 9 и пресс-иглой 12. Одновременно с поступательным движением траверсы 11, пресс-игла 12 совершает вращательное движение, сообщаемое через шпоночное соединение от мотор-редуктора 25 «UMI 50 1/100 PAM(0.18/1400) 63B14».

Регулирование частоты вращения выходного вала мотор-редуктора 25, осуществляется при использовании частотного преобразователя. Причем, в пуансоне 4 выполнено сквозное осевое отверстие, функционально обеспечивающее размещения пресс-иглы 12, которая опирается на две капролоновые втулки, установленных в пуансоне с натягом и являющихся подшипниками скольжения для пресс-иглы 12. Осевое регулирование положения пресс-иглы осуществляется с помощью комплекта прокладок 13, устанавливаемых на валу мотор-редуктора.

Мотор-редуктор 25 при помощи болтового соединения фиксируется на нижней опоре 3, которая в свою очередь крепится к направляющей опоре 2. В свою очередь направляющая опора крепится к верхней опоре 1. Верхняя опора 1 фиксируется к траверсе пресса. Проведение экспериментального исследования процесса прессования труб с использованием дополнительного вращательного движения пресс-иглы планируется реализовывать в лабораторных условиях испытательного комплекса ОАО «РосНИТИ» на сервогидравлической машине статических и динамических испытаний Shimadzu Servopulser максимальным усилием 196 кН.

Технические характеристики экспериментальной установки для прессования труб с одновременным вращательным движением пресс-иглы

Максимальное усилие прессования, кН	196
Максимальный крутящий момент пресс-иглы, Н·м	52
Скорость вращения пресс-иглы, мин <sup>-1</sup>	~ до 14
Скорость вращения электродвигателя, мин <sup>-1</sup>	1400
Передаточное число редуктора	100
Мощность электродвигателя, кВт	0,18
Напряжение, В	220

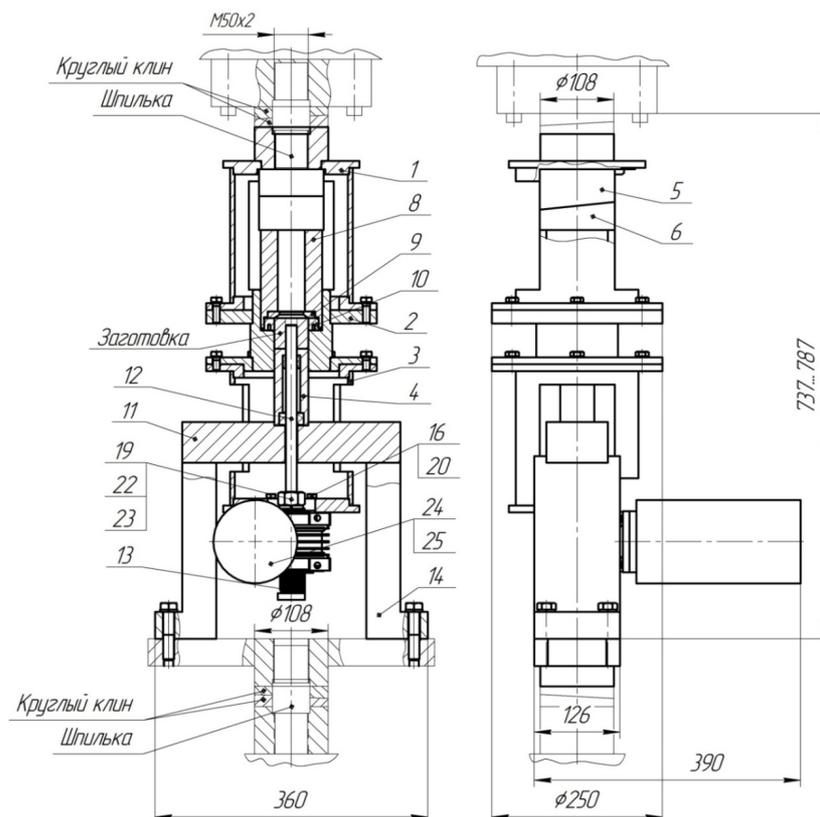


Рис. 4. Экспериментальная установка для прессования труб с вращательным движением пресс-иглы

Истечение трубы происходит в направлении полости матрицедержателя 1. Верхним торцом матрицедержатель 1 фиксируется к клиньям, что обеспечивает его оперативное извлечение и замену, а соответственно и размещение новой заготовки без демонтажа ряда деталей, значительно сокращая при этом рабочее время научного и технического персонала.

Траверса приводится в движение от шпинтона пресса, через стойки 14. Стойки 14, траверса и пуансон 4, выполняют функцию «полого пуансона» внутри которого размещен привод вращения пресс-иглы 12.

С использованием представленной установки планируется проведение экспериментального исследования процесса прессования гладких труб размером 10×2,0 мм из заготовок свинца марки С1 с применением одновременного вращательного движения пресс-иглы. Изменяемыми параметрами

будут являться: скорость прессования, скорость вращения и шероховатость рабочей поверхности пресс-игл. При этом, исследуемыми параметрами выступают момент вращения пресс-иглы и усилие прессования.

Вместе с этим, предусматривается проведение физического моделирования процесса прессования труб с винтообразным оребрением внутренней поверхности, при варьировании значений скорости прессования и вращения пресс-иглы.

### Литература

1. Космацкий, Я.И. Экспериментальное исследование процесса инерционного прессования труб / Я.И. Космацкий, Н.В. Фокин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2014. – Т. 14, № 2. – С. 73–77.

2. Моделирование процесса прессования труб с использованием устройства инерционной вы-

прессовки пресс-остатка / Я.И. Космацкий, А.В. Выдрин, Б.В. Баричко и др. // *Сталь*. – 2014. – Вып. 11. – С. 46–49.

3. Пат. 2535831 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В21В 17/00, В21С 23/08, В21В 25/02. Способ прессования полых профилей и устройство для его осуществления / Я.И. Космацкий, А.В. Выдрин, Б.В. Баричко, Н.В. Фокин, В.Б. Восходов (РФ). – № 2013133135/02; заявл. 16.07.2013; опубл. 20.12.2014, Бюл. № 35. – 8 с.

4. Устройство для получения полых профилей: пат. на полезную модель 144990 Рос. Федерация, МПК7 В 22 D 17/00 / Я.И. Космацкий, М.А. Тихонова, Н.В. Фокин, Е.В. Храмов (РФ). – № 2014118689/02; заявл. 07.05.14; опубл. 10.09.14, Бюл. № 25. – 2 с.

5. Зибель, Э. *Обработка металлов в пластическом состоянии: пер. с нем.* – М.; Л.; Свердловск: ОНТИ, 1934. – 47 с.

6. Бережной, В.Л. *Прессование с активным действием сил трения* / В.Л. Бережной, В.Н. Щерба, А.И. Батулин. – М.: Металлургия, 1988. – 296 с.

7. Космацкий, Я.И. *Определение геометрических параметров профилировки инструмента при изготовлении труб с внутренними винтовыми нарезами прессованием* / Я.И. Космацкий, Д.В. Перевозчиков // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия»*. – 2014. – Т. 14, № 1. – С. 80–83.

8. *Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2014616235. Программный комплекс для определения параметров прессования труб с внутренним винтообразным оребрением* / Я.И. Космацкий, Д.В. Перевозчиков. – № 2014613894; заявл. 29.04.2014; опубл. 20.07.2014. – 1 с.

**Космацкий Ярослав Игоревич**, канд. техн. наук, заместитель начальника отдела технологии производства труб по материалам, ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», г. Челябинск; kosmatski@rosniti.ru.

**Фокин Николай Владимирович**, инженер лаборатории волочения и прессования труб, ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», г. Челябинск; fokin@rosniti.ru.

**Перевозчиков Данил Викторович**, студент кафедры машин и технологий обработки материалов давлением, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; perevozchikov91@mail.ru.

*Поступила в редакцию 7 мая 2015 г.*

---

## **CURRENT LEVEL OF RESEARCH OF THE PROCESS OF EXTRUSION OF PIPES WITH ADDITIONAL ROTATION OF PRESS NEEDLES**

**Ya.I. Kosmatskii**, JSC “Russian Research Institute of the Tube and Pipe Industries” (RosNITI), Chelyabinsk, Russian Federation, kosmatski@rosniti.ru,

**N.V. Fokin**, JSC “Russian Research Institute of the Tube and Pipe Industries” (RosNITI), Chelyabinsk, Russian Federation, fokin@rosniti.ru,

**D.V. Perevozchikov**, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, perevozchikov91@mail.ru

The article explains the problem of studying the process of extrusion of pipes with additional rotational motion of the press needle. Basic results of previous studies in this area of improvement of tube pressing systems are described. Technological bases of the pipe pressing process with helical fins on inner surface are presented. The purpose of the development of systems for the extrusion of pipes with rotation of press needle is explained. Principal relations for calculating the geometrical parameters of profiling of press needles with helical thread allowing to produce finned tubes with helical inner surface are presented. Design of the plant, its operation principle and specifications are described. The prospects of application of the plant for studying the pressing process of smooth pipes and pipes with internal helical fins obtained by rotating the press needle are determined.

*Keywords: pressing; pressing with rotation of the press needle; pressing of pipes with internal fins; reducing the effort during pressing; experimental facility for the extrusion of pipes.*

### References

1. Kosmatskii Ya.I., Fokin N.V. [Experimental Study of Inertial Pressing of Pipes]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2014, vol. 14, no. 2, pp. 73–77. (in Russ.)
2. Kosmatskii Ya.I., Vydrin A.V., Barichko B.V., Fokin N.V. Inertial Pressing of Pipe. *Steel in Translation*, 2014, vol. 44, no. 11, pp. 847–850. DOI: 10.3103/S0967091214110102
3. Kosmatskii Ya.I., Vydrin A.V., Barichko B.V., Fokin N.V., Voskhodov V.B. *Sposob pressovaniya polykh profiley i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Hollow Channel Pressing Method, and Device for Its Implementation]. Pat. RF no. 2535831, 2014.
4. Kosmatskii Ya.I., Tikhonova M.A., Fokin N.V., Khramkov E.V. *Ustroystvo dlya polucheniya polykh profiley* [Device for Obtaining Hollow Channel]. Pat. RF, no. 144990, 2014.
5. Siebel E. *Die Formgebung im bildsamen Zustand*. Düsseldorf, Verlag Stahleisen, 1932. 91 p.
6. Berezhnoy V.L., Shcherba V.N., Baturin A.I. *Pressovanie s aktivnym deystviem sil treniya* [Pressing with Active Action of Friction Forces]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1988. 296 p.
7. Kosmatskii Ya.I., Perevozchikov D.V. [Determination of Geometrical Parameters of Profiling Tools in Manufacturing Pipes with Internal Screw Threads by Pressing]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2014, vol. 14, no. 1, pp. 80–84. (in Russ.)
8. Kosmatskii Ya.I., Perevozchikov D.V. *Programmnyy kompleks dlya opredeleniya parametrov pressovaniya trub s vnutrennim vintooobraznym orebreniem* [Program Complex for Determination of Parameters of Pressing of Pipes with Internal Screw Fins]. Software Registration Certificate RF, no. 2014616235, 2014.

*Received 7 May 2015*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Космацкий, Я.И. Современный уровень исследований процесса прессования труб с применением дополнительного вращательного движения пресс-иглы / Я.И. Космацкий, Н.В. Фокин, Д.В. Перевозчиков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2015. – Т. 15, № 3. – С. 133–138.

### FOR CITATION

Kosmatskii Ya.I., Fokin N.V., Perevozchikov D.V. Current Level of Research of the Process of Extrusion of Pipes with Additional Rotation of Press Needles. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2015, vol. 15, no. 3, pp. 133–138. (in Russ.)