

---

УДК 621.01  
ВВК 34.41  
Г 65

**Гончаров С.В.**

*Кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и оборудование лесного комплекса» транспортно-энергетического факультета ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет», Хабаровск, тел. (4212) 37-51-90, e-mail: ya-84@list.ru*

**Якуба Д.Д.**

*Аспирант кафедры «Машины и оборудование лесного комплекса» транспортно-энергетического факультета ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет», Хабаровск, тел. (4212) 37-51-90, e-mail: ya-84@list.ru*

**Юденко Г.В.**

*Студент транспортно-энергетического факультета ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет», Хабаровск, тел. (4212) 37-51-90, e-mail: ya-84@list.ru*

**Исследование закрепления подшипников скольжения  
в узле трения с помощью посадки с натягом<sup>\*</sup>  
(Рецензирована)**

**Аннотация**

*Статья посвящена определению поправок методики расчета посадок с натягом для полимерного материала на основе эпоксидной смолы и хлопчатобумажной ткани, а также определению зависимостей усилия запрессовки от величины натяга образца для составления рекомендаций по установке подшипников скольжения в узлы трения.*

**Ключевые слова:** *посадки с натягом, полимерный подшипник скольжения, эпоксидная смола, хлопчатобумажная ткань, натяг.*

**Goncharov S.V.**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Machines and Equipment of a Forest Complex, Transport and Power Faculty of Pacific State University, Khabarovsk, ph. (4212) 37-51-90, e-mail: ya-84@list.ru*

**Yakuba D.D.**

*Post-graduate student of Department of Machines and Equipment of a Forest Complex, Transport and Power Faculty of Pacific State University, Khabarovsk, ph. (4212) 37-51-90, e-mail: ya-84@list.ru*

**Yudenko G.V.**

*Student of Transport and Power Faculty of Pacific State University, Khabarovsk, ph. (4212) 37-51-90, e-mail: ya-84@list.ru*

**Research studies on fixing slide bearings in friction knot by using pinch fit**

**Abstract**

*The paper deals with the definition of corrections for a method of calculation of pinch fits for a polymeric material on the basis of epoxy resin and cotton fabric, as well as with the determination of dependences of a press fitting effort on the size of a sample tightness in order to draw up recommendations about installation of slide bearings in friction knots.*

**Keywords:** *pinch fit, the polymeric slide bearing, epoxy resin, cotton fabric, a tightness.*

При одном и том же натяге прочность соединения зависит от материала и размеров деталей, шероховатости сопрягаемых поверхностей, способа соединения деталей, формы и размеров центрирующих фасок, смазки и скорости запрессовки, условия нагрева или охлаждения. Ввиду такого многообразия исходных факторов выбор посадки следует производить не только по аналогии с известными соединениями, но и на осно-

---

<sup>\*</sup> Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.В37.21.1547.

ве предварительных расчетов натягов и возникающих напряжений, особенно при применении посадок с относительно большими натягами [1].

*Целью данного эксперимента* является определение значений ключевых параметров методики расчета посадки с натягом для закрепления полимерного подшипника скольжения в узле трения. Методика расчета посадок с натягом подробно описана в [2].

*Объектами исследований* в настоящей работе являлись подшипники скольжения из материала МАС-4ХБ, полученные способом центробежного формования [3]. Основа – эпоксидное связующее УД-128 (аналог ЭД-20), армирующий материал – хлопчатобумажная ткань. Образцы для исследования имели форму втулок с размерами  $D \times d \times l$ , мм –  $55 \times 50 \times 40$ . Образцы для исследований получали способом центробежного формования.

В ходе исследования необходимо было экспериментально определить зависимость усилия запрессовки от величины натяга образца, а также необходимые коэффициенты поправок методики, расчета посадки с натягом для проверки сходимости теоретических расчетов и экспериментальных результатов. Таким образом, эксперимент проходил в два этапа:

- 1) определение зависимости усилия запрессовки от величины натяга образца;
- 2) определение поправок методики расчета посадок с натягом.

Схема проведения первого этапа исследования показана на рисунке 1. Исследование проводилось на испытательной машине «WDW UTP-50К» (Китай). Образец запрессовывался в толстостенную втулку с постоянной скоростью 5 мм/мин. Усилие, замерялось с помощью тензометрического датчика испытательной машины. Измерение уменьшения внутреннего диаметра подшипника производилось нутромером.

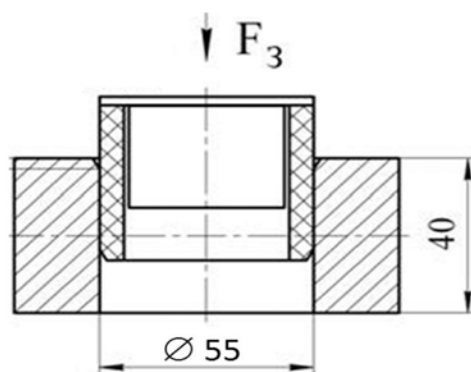


Рис. 1. Схема исследования

На втором этапе определялась шероховатость внешней (контактирующей) поверхности образца до и после запрессовки. Исследование проводилось на профилографе Surfcom 1800D (Япония). Поправка на температурную составляющую натяга определялась по справочным данным. Поправки на ослабление натяга под действием центробежной силы не учитывались, т.к. в узле трения происходит возвратно-поступательное движение. Поправка на повторную запрессовку также не учитывалась, т.к. подшипник устанавливается в узел трения один раз.

В ходе проведения первого этапа исследования была установлена зависимость усилия запрессовки от величины натяга, представленная на рисунке 2а. Анализ данной зависимости показал, что максимально допустимая величина натяга, при котором не возникает пластических деформаций в материале, составляет 0,65 мм. Это подтверждается линейным участком графика зависимости, а также зависимостью деформации образца от величины натяга (рис. 2б). Однако, как показывает эксперимент, пластические деформации в полимерном материале в данном случае не являются критическими, т.к. при длительном отсутствии действия нагрузок на подшипник он практически полно-

стью восстанавливает свои размеры – сказываются вязкоупругие свойства полимеров. Однако превышение величины натяга данного значения повышает вероятность потери соединения при больших рабочих нагрузках.

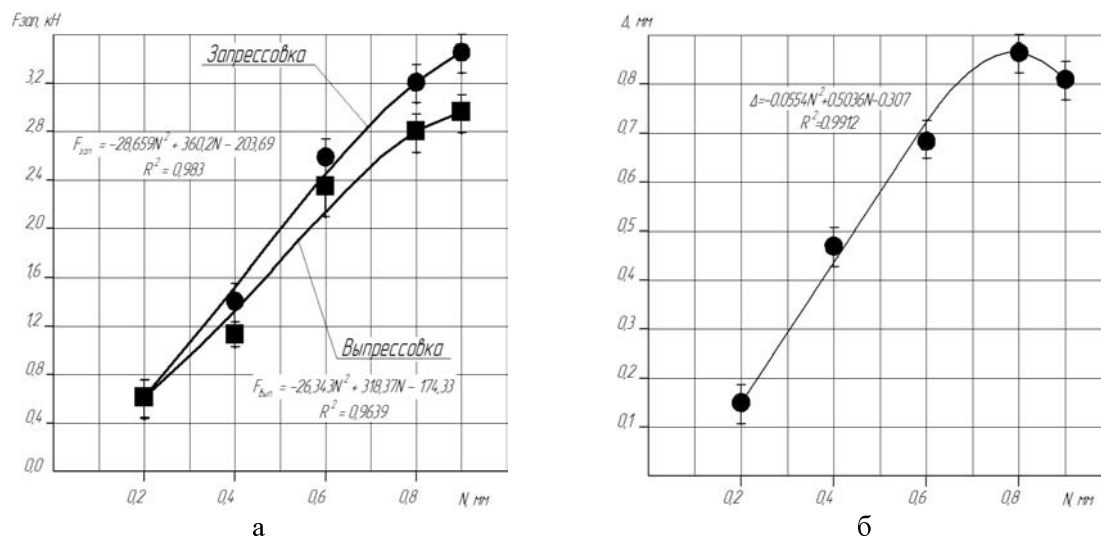


Рис. 2. Зависимость усилия запресовки (а) и деформации образца (б) от величины натяга образца

Установлено также, что усилие при выпрессовке материала меньше чем при запрессовке, что позволяет сделать вывод о значимом влиянии рельефа сопрягаемых поверхностей на величину возникающих напряжений. Данные, полученные в ходе эксперимента, были статистически обработаны с помощью стандартного приложения Microsoft Office Excel и для зависимостей усилия при запрессовке и выпрессовке были получены следующие уравнения аппроксимации кривых:

$$F_{зан} = -28,659N^2 + 360,2N - 203,9 \quad (R^2 = 0,983) \quad (1)$$

$$F_{вып} = -26,34N^2 + 318,37N - 174,33 \quad (R^2 = 0,963) \quad (2)$$

$$\Delta = -0,0554N + 0,5036N - 0,307 \quad (R^2 = 0,975) \quad (3)$$

На рисунке 3 приведены рабочие диаграммы запресовки и выпрессовки образцов на испытательной машине. Анализ данных диаграмм показал, что для больших величин натяга необходимы либо большие центрирующие фаски на подшипнике, либо изменение их углов (значение фасок на образцах  $2 \times 20^\circ$ ). Также по графикам установлено, что требования шероховатости к поверхности подшипника должны быть повышены, что, в свою очередь, предъявляет свои требования к чистоте поверхности изложницы, где формируется подшипник.

На втором этапе проводилось исследование поверхностей сопрягаемых деталей. Анализ профиля внешней поверхности подшипника показал, что на рельеф поверхности влияет наличие армирующего наполнителя. В том месте, где нити армирующего наполнителя расположены к поверхности ближе всего, возникает волнистость. После запресовки подшипника в узел трения поверхность выравнивается и волнистость пропадает.

Для вычисления поправки на смятие неровностей при запресовке необходимо использовать параметр  $Rz$ , так как анализ опорной кривой, полученной при определении профиля поверхности, свидетельствует о минимальном содержании материала в области максимальных пиков шероховатости. Это значит, что при запресовке подшипника эти пики разрушатся и его внешний диаметр уменьшится, что, в свою очередь, приведет к ослаблению посадки.

Для вычисления поправки на смятие неровностей при запресовке необходимо использовать параметр  $Rz$ , так как анализ опорной кривой, полученной при определе-

нии профиля поверхности, свидетельствует о минимальном содержании материала в области максимальных пиков шероховатости. Это значит, что при запрессовке подшипника эти пики разрушатся и его внешний диаметр уменьшится, что, в свою очередь, приведет к ослаблению посадки.

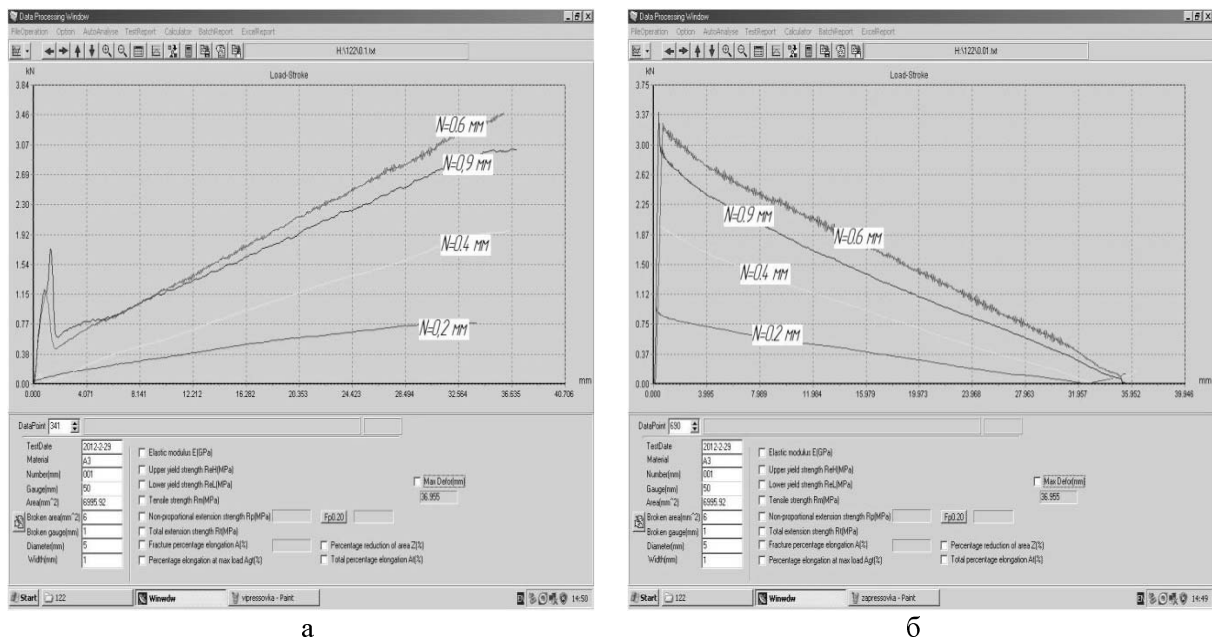


Рис. 3. Рабочие диаграммы запрессовки (а) и выпрессовки (б) образцов на испытательной машине

Изменение натяга или зазора, вызванное отличием рабочей температуры сопрягаемых деталей от нормальной, определялось на основе справочных данных по формуле [2]:

$$\Delta_t^N = N_{(p\alpha\delta)} - N_{(c\delta)} = d_{н.с.} * \alpha_d * \Delta t_d - \alpha_D * \Delta t_D, \quad (4)$$

где  $N_{(p\alpha\delta)}$  – рабочий зазор или рабочий натяг;

$N_{(c\delta)}$  – сборочный зазор и сборочный натяг (при нормальной температуре);

$\alpha_D, \alpha_d$  – коэффициенты линейного расширения материалов детали с отверстием и вала ( $\alpha_D = 12,4 * 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $\alpha_d = 55 * 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ );

$\Delta t_d = t_d - 20^\circ\text{C}$  – разность между рабочей температурой вала и нормальной температурой;

$t_D = t_D - 20$  – разность между рабочей температурой детали с отверстием и вала.

Для  $100^\circ\text{C}$ :

$$\Delta_t^N = 55 * 10^{-3} * (55 * 10^{-6} * 80 - 12,4 * 10^{-6} * 80) = 192,5 * 10^{-6} \text{ м} = 192,5 \text{ мкм}.$$

Рабочий диапазон температур для материала МАС-4ХБ составляет –  $40...+100^\circ\text{C}$ . Из формулы 4 видно, что зависимость поправки от температуры линейна и уравнение ее изменения возможно определить математическим путем. Данное изменение величины поправки описывается уравнением 5:

$$\gamma_t = 2,34t - 49,203. \quad (5)$$

Учитывая все полученные в ходе проведенных экспериментов данные согласно методике, подробно описанной в [2], был произведен расчет натяга для данного соеди-

