

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе

“РАСЧЕТ САМОЦЕНТРИРУЮЩИХ
МЕХАНИЗМОВ С ГИДРОПЛАСТМАССОЙ”

*по дисциплине «Технологическая оснастка»
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»*

Брест 2022

УДК 621.91.002

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по курсу «Технологическая оснастка» студентами специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения».

В указаниях рассматриваются конструктивные особенности, технологические возможности и методика расчета самоцентрирующих механизмов с гидропластмассой.

Составители: Ялковский Н. С., старший преподаватель;
Кудрицкий Я. В., старший преподаватель;
Левданский А. М., старший преподаватель

Рецензенты: И. В. Андросюк, главный инженер СП ОАО «Брестгазоаппарат»;
В. М. Голуб, зав. кафедрой «Машиноведения» БрГТУ
кандидат технических наук, доцент

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является ознакомление с конструктивными особенностями самоцентрирующих устройств с гидропластмассой, освоение методики их расчета.

2 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В настоящее время в связи с повышением точности и быстродействия машин возрастают требования к concentricности поверхностей вращающихся деталей. Во многих случаях отклонение от соосности наружной и внутренней цилиндрических поверхностей детали не должно превышать 0,01 мм.

При обработке заготовок таких деталей следует применять различного рода центрирующе-зажимные приспособления (самоцентрирующие механизмы), позволяющие ориентировать обрабатываемые заготовки по оси или плоскости их симметрии.

К самоцентрирующим механизмам относятся патроны и оправки различных конструкций, а также самоцентрирующие тиски с двумя подвижными губками.

Патроны применяются при установке заготовок по наружной цилиндрической поверхности или отверстию небольшой длины и перпендикулярную их оси плоскость. Оправки соответственно применяются при установке обрабатываемых заготовок на внутреннюю цилиндрическую поверхность и перпендикулярную ее оси плоскость.

В зависимости от способа установки и закрепления приспособления на станке они делятся на центровые, шпindelные и фланцевые.

Центровые (как правило, оправки) имеют на торцах центровые отверстия, которыми они устанавливаются в центры токарных, шлифовальных и других металлорежущих станков. Поскольку контакт между центром и оправкой осуществляется по конической поверхности центрального отверстия, имеющей относительно небольшой диаметр, момент от сил трения на этих поверхностях, как правило, недостаточен для предотвращения поворота оправки с заготовкой под действием сил резания, возникающих в процессе обработки. Поэтому любая центровая оправка имеет на левом конце квадрат, лыску (две лыски) или поводковый палец, обеспечивающие передачу необходимого крутящего момента от шпинделя станка.

Для оправок используются центровые отверстия формы Т согласно ГОСТ 14034-74. Данные отверстия дополнительно имеют цилиндрическое углубление диаметром несколько большим, чем диаметр конуса, что предохраняет коническую поверхность отверстия от случайных повреждений, тем самым обеспечивая стабильную точность при установке оправки на станок.

Шпindelные приспособления (оправки и патроны) устанавливаются и крепятся в конические отверстия переднего конца шпинделя с помощью хвостовика с конусом Морзе или с метрическим конусом в случае использования крупных станков.

Фланцевые приспособления крепятся либо непосредственно к фланцевому концу шпинделя станка, либо к промежуточному фланцу, предварительно установленному на шпинделе. В первом случае в корпусе приспособления предусматривается точно выполненный конический пояс, которым патрон или оправка устанавливаются на направляющий конус шпинделя, во втором – цилиндрический пояс для установки на промежуточный фланец.

Вне зависимости от способа установки и закрепления приспособления необходимо обеспечить совпадение его оси с осью шпинделя станка. Этим и предопределяется

наличие в конструкции приспособления соответствующих элементов (хвостовиков с конусом Морзе, выточек различного характера, центровых отверстий)

Установочные элементы самоцентрирующих устройств должны быть подвижны в направлении зажима, а для обеспечения требуемой точности установки заготовок их (установочных элементов) относительное перемещение должно происходить одновременно и с достаточной точностью.

Основными характеристиками самоцентрирующих механизмов являются:

1. Точность центрирования, то есть степень совмещения геометрической оси базовой поверхности закрепляемой заготовки и самоцентрирующего механизма.

2. Максимальная величина перемещения (ход) зажимных элементов, характеризующая степень универсальности самоцентрирующего устройства.

3. Точность, которую должна иметь базовая поверхность устанавливаемых заготовок.

Все вышеперечисленные характеристики находятся в непосредственной взаимосвязи между собой.

Так, например, для обеспечения высокой точности центрирования базовая поверхность заготовки также должна быть обработана с высокой точностью (по поверхности низкой точности невозможно обеспечить точную установку заготовки).

Точная базовая поверхность необходима и в том случае, когда заготовка устанавливается в самоцентрирующем механизме с незначительным рабочим ходом зажимных элементов. При несоблюдении этого условия величина допуска может оказаться сравнимой с ходом установочно-зажимного элемента, что приводит к недостаточно надежному закреплению заготовки либо к выходу самоцентрирующего устройства из строя в результате чрезмерной деформации его упругих элементов.

Ниже перечислены самоцентрирующие устройства в порядке возрастания их точности центрирования: кулачковые (как правило, трехкулачковые) патроны и оправки, цанги, механизмы с тарельчатыми (пластинчатыми) пружинами, оправки и патроны с гидропластмассой, оправки с гофрированными втулками, мембранные патроны.

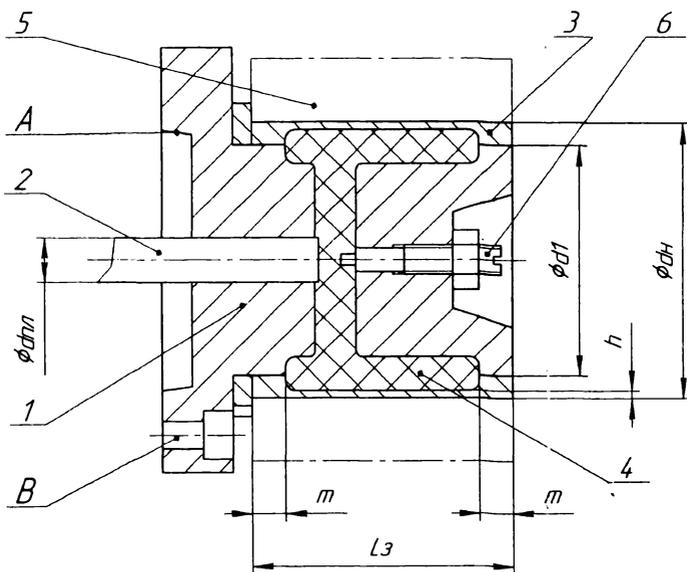
Самоцентрирующие механизмы с гидропластмассой предназначены для установки заготовок по наружной (патроны) или внутренней (оправки) цилиндрической поверхности.

Оправки и патроны данного типа обеспечивают точность центрирования в пределах $0,005...0,01$ мм и, как правило, применяются при чистовой обработке заготовок на токарных и шлифовальных станках.

Оправка с гидропластмассой представлена на рисунке 1. Она состоит из корпуса 1, закрепляемого на планшайбе или шпинделе станка (для чего служат точно выполненный поясик А и отверстия под крепежные винты В), плунжера 2, приводимого в действие нажимным винтом, штоком пневмоцилиндра или другим силовым узлом, тонкостенной втулки 3, между корпусом и втулкой в специально выполненной полости помещена гидропластмасса 4.

При перемещении плунжера в полости, заполненной гидропластмассой, создается избыточное давление, под действием которого тонкостенная втулка деформируется, наружный ее диаметр увеличивается, в результате осуществляется центрирование и закрепление заготовки 5.

Увеличение диаметра втулки при деформации незначительно (в первом приближении его можно считать равным $0,1...0,3$ мм), поэтому самоцентрирующие механизмы данного типа используются для установки заготовок со строго определенным диаметром базовой поверхности. Поэтому базовая поверхность заготовки должна быть обработана с точностью не грубее 7...8 квалитета. Точная базовая поверхность заготовки также необходима для обеспечения высокой точности центрирования.



1 – корпус, 2 – плунжер, 3 – тонкостенная втулка, 4 – гидропластмасса, 5 – заготовка, 6 – предохранительный винт, А – конический поясок, В – отверстия под крепежные винты

Рисунок 1 – Разжимная оправка с гидропластмассой

Тонкостенная втулка на концах имеет утолщенные бурты, которыми она с натягом (посадки Н7/г6 или Н7/р6) насаживается на корпус оправки. Это необходимо для того, чтобы гидропластмасса под давлением не просачивалась в стыки сопряжения.

Для предотвращения остаточных деформаций втулки в конструкцию самоцентрирующего механизма вводится предохранительный винт 6, ограничивающий перемещение плунжера.

При установке заготовок в патроны и оправки с гидропластмассой сила зажима равномерно распределяется по всей базовой поверхности, следовательно, деформации заготовки минимальны. Данное обстоятельство особенно важно при обработке тонкостенных (нежестких) деталей типа гильз, тонкостенных колец, втулок и им подобных.

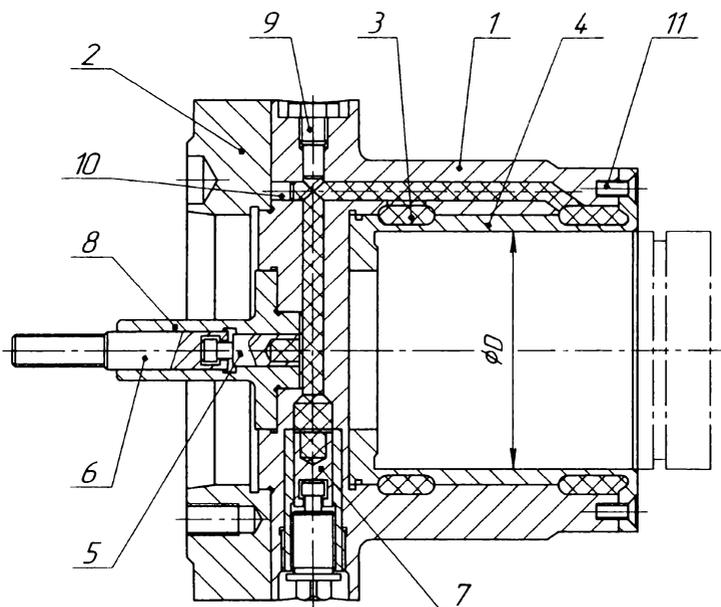
На рисунке 2 представлен самоцентрирующий патрон с гидропластмассой. Корпус 1 патрона с каналами для пластмассы прикреплен к фланцу 2. В корпусе помещена тонкостенная втулка 4 для центрирования и закрепления обрабатываемой заготовки. Давление в полости с гидропластмассой 3 создается плунжером 5, приводимым в действие пневмоцилиндром, шток которого связан с плунжером посредством тягу 6.

Вспомогательный плунжер 7 служит для регулирования объема полости заполненной гидропластмассой, а следовательно для регулирования давления и силы зажима.

В корпусе патрона закреплена втулка 8, служащая для направления плунжера.

Резьбовая пробка 9 и заглушка 10 закрывают отверстие, предназначенное для выхода воздуха при заливке в полость корпуса гидропластмассы в процессе изготовления патрона.

Для более надежной фиксации тонкостенной втулки предусмотрено ее дополнительное закрепление винтами 11.



1 – корпус, 2 – фланец, 3 – гидропластмасса, 4 – тонкостенная втулка, 5 – плунжер, 6 – тяга, 7 – вспомогательный плунжер, 8 – направляющая втулка, 9 – резьбовая пробка, 10 – заглушка, 11 – винты
Рисунок 2 – Самоцентрирующий патрон с гидропластмассой

В качестве гидропластмасс применяются соединения, удовлетворяющие следующим требованиям:

1. Не просачиваться в зазоры сопряжений. Так, например, гидропластмасса марки СМ начинает просачиваться через зазор величиной 0,02 мм при давлении 40 МПа.
 2. Равномерно, без значительных потерь на трение, передавать давление на значительные расстояния.
 3. Не вступать в химические реакции с металлами.
- Вышеперечисленные качества должны сохраняться с течением времени.

3 МЕТОДИКА РАСЧЕТА

При проектировании патронов и оправок с гидропластмассой рассчитываются:

1. Размеры основных конструктивных элементов тонкостенной втулки (диаметр, длина, толщина стенки и другие).
2. Давление гидропластмассы, необходимое для закрепления заготовки и для предварительной деформации тонкостенной втулки до момента ее касания с заготовкой.
3. Необходимая величина хода и размеры плунжера, создающего давление в гидропластмассе.
4. Параметры силового привода и зажимного устройства, приводящего в действие плунжер.

Диаметр наружной поверхности тонкостенной втулки определяется по формуле

$$d_H = D_{min} - s, \text{ мм}, \quad (3.1)$$

где D_{min} – минимальный диаметр базового отверстия заготовки с учетом допуска, мм;
 s – гарантированный зазор необходимый для свободной установки заготовки на оправку, принимается равным от 0,02 до 0,03 мм, меньшее значение при диаметре отверстия 28 мм, большее при 100 мм.

Общая длина тонкостенной втулки принимается равной длине обрабатываемой заготовки L_3 .

Длина тонкостенного участка втулки определяется по формуле

$$L = L_3 - 2m, \text{ мм}, \quad (3.2)$$

где m – длина опорного буртика втулки, мм.

При увеличении диаметра базового отверстия заготовки (D) от 28 до 100 мм величина m изменяется от 8 до 12 мм.

Толщина стенки h тонкостенного участка втулки принимается равной от 0,08 до 0,12 от диаметра наружной поверхности втулки (найденное значение h округляется до 0,1 мм).

Внутренний диаметр тонкостенного участка втулки составляет

$$d_в = d_H - 2h, \text{ мм}. \quad (3.3)$$

Диаметр отверстия втулки в месте ее запрессовки на корпус оправки определяется по формуле

$$d_1 = D - 2H, \text{ мм}, \quad (3.4)$$

где D – номинальный диаметр базового отверстия заготовки;

H – толщина опорного буртика тонкостенной втулки, мм.

При увеличении диаметра базового отверстия заготовки (D) от 28 до 100 мм величина H изменяется от 5 до 8 мм.

Определяется крутящий момент, действующий на заготовку в процессе обработки

$$M_{кр} = P_2 \frac{d}{2}, \text{ Н}\cdot\text{мм}, \quad (3.5)$$

где P_2 – тангенциальная составляющая силы резания, Н;

d – диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм.

Оправка должна удерживать заготовку от возможного ее поворота под воздействием момента от сил резания. Для этого в контакте заготовка – тонкостенная втулка должна действовать сила, величину которой можно найти из выражения

$$Q = \frac{kM_{кр}}{Rf}, \text{ Н}, \quad (3.6)$$

где k – коэффициент запаса зажимной силы, определяется расчетом, при выполнении данной работы принимается равным 2,0...2,5;

$M_{кр}$ – крутящий момент от действия сил резания, Н·мм;

R – радиус базовой поверхности заготовки, мм;

f – коэффициент трения на поверхности сопряжения разжимной втулки и заготовки (принимается равным 0,1).

Необходимая сила закрепления заготовки будет обеспечена, если на поверхности сопряжения тонкостенной втулки с базовым отверстием заготовки создать давление, величина которого определяется по формуле

$$p_1 = \frac{Q}{2\pi a L \psi}, \text{ МПа}, \quad (3.7)$$

где L – длина тонкостенной части разжимной втулки (длина без буртиков), мм;

a – радиус наружной поверхности тонкостенной втулки, для упрощения расчетов величина a может быть принята равной номинальному радиусу отверстия в заготовке, то есть равна R ;

ψ – коэффициент показывающий какая часть длины L находится в непосредственном контакте с заготовкой.

Коэффициент ψ в зависимости от соотношения h/a и L/a принимается по таблице 1. Параметры L и h (толщина стенки втулки) определены при расчете размеров тонкостенной втулки.

Таблица 1 – Значения коэффициента ψ

Относительная толщина h/a	Относительная длина оболочки L/a								
	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,03	0,54	0,60	0,69	0,82	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93
0,04	0,53	0,58	0,63	0,78	0,85	0,88	0,90	0,91	0,93
0,05	0,53	0,57	0,60	0,73	0,83	0,86	0,88	0,90	0,91
0,06	0,53	0,55	0,59	0,71	0,81	0,85	0,87	0,89	0,90

Давление необходимое для предварительной деформации тонкостенной втулки до момента ее контакта с заготовкой, определяется по формуле

$$p_2 = \frac{\Delta E h j}{a^2 \gamma}, \text{ МПа}, \quad (3.8)$$

где j – коэффициент, характеризующий конструктивные особенности втулки;

E – модуль упругости материала, из которого изготовлена тонкостенная втулка, принимается равным $2,1 \cdot 10^5$ МПа;

Δ – максимальный радиальный зазор между втулкой и деталью;

γ – коэффициент, который принимается по графику, представленному на рисунке 3, в зависимости от соотношения

$$\alpha = \frac{1,28L}{2\sqrt{ah}}. \quad (3.9)$$

Величина максимального радиального зазора Δ определяется по формуле

$$\Delta = \frac{\delta + \delta_{on} + s}{2}, \text{ мм}, \quad (3.10)$$

где δ – допуск базовой поверхности заготовки, мм;

δ_{on} – допуск на диаметр наружной поверхности тонкостенной втулки D_n , обычно принимается по 5...6 квалитетам точности;

s – гарантированный зазор, необходимый для свободной установки заготовки на оправку, равен 0,02...0,03 мм, принимался ранее при расчете величины D_n .

Коэффициент j определяется по формуле

$$\frac{1}{j} = 0,85 + 0,15 \frac{d_6^2}{d_1^2}, \quad (3.11)$$

где d_6, d_1 – ранее принятые размеры тонкостенной втулки.

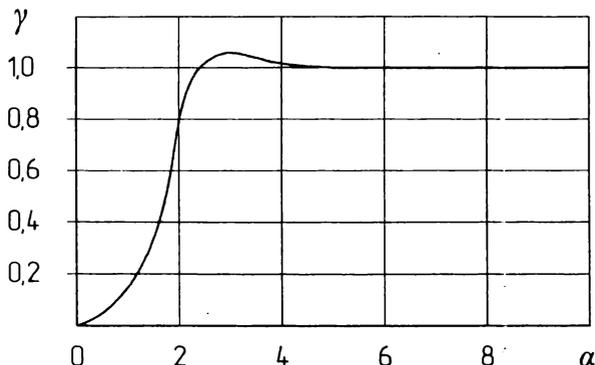


Рисунок 3 – График для определения коэффициента γ

Сила, которую необходимо приложить к плунжеру для создания необходимого давления в полости, заполненной гидропластмассой, определяется по формуле

$$N = (p_1 + p_2) \frac{\pi d_{пл}^2}{4}, \quad \text{мм}, \quad (3.12)$$

где $d_{пл}$ – диаметр плунжера, мм.

Величина $d_{пл}$ определяется по формуле

$$d_{пл} \approx 2,5\sqrt{a}, \quad \text{мм}. \quad (3.13)$$

Найденное значение диаметра следует округлить до целой величины.

Необходимый рабочий ход плунжера L_p определяется самостоятельно, исходя из следующих соображений: объем гидропластмассы, вытесняемый плунжером, равен приращению объема полости, занимаемой гидропластмассой, при деформации тонкостенной оболочки (втулки) на величину максимального зазора.

Проверяется напряжение во втулке в самый неблагоприятный момент, то есть при расширении под действием суммарного давления без надетой заготовки, что может иметь место при невнимательном обслуживании приспособления.

Напряжение, возникающие в материале втулки, в этом случае рассчитывается по формуле

$$\sigma = (p_1 + p_2) \frac{a}{h}, \quad \text{МПа}. \quad (3.14)$$

Найденное значение не должно превышать 0,7 предела текучести материала втулки.

Тонкостенные втулки изготавливают из пружинных сталей и закаливают до твердости 40...45 HRC.

Пределы текучести сталей, наиболее широко используемых для этих целей, приведены ниже:

65Г	600 МПа
55С2, 60С2	900 МПа
55ХГР	1200 МПа
60СХА	1300 МПа

В случае, если расчет на прочность не дает удовлетворительных результатов, следует увеличить значение h и произвести повторный расчет.

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В соответствии с полученным заданием необходимо определить:

- 1) основные размеры тонкостенной втулки (ее диаметр, длину втулки и длину ее тонкостенной части, толщину стенки, длину опорного буртика, диаметр отверстия для прессовки втулки на корпус оправки);
- 2) требуемую силу закрепления заготовки;
- 3) давление гидропластмассы, необходимое для закрепления заготовки;
- 4) давление гидропластмассы, необходимое для предварительной деформации тонкостенной втулки до момента ее контакта с заготовкой;
- 5) диаметр плунжера и усилие на плунжере для создания требуемого давления в гидропластмассе;
- 6) величину рабочего хода плунжера;
- 7) выполнить расчет тонкостенной втулки на прочность и выбрать ее материал.

Следует выполнить эскиз оправки с гидропластмассой с указанием всех ее конструктивных элементов, а также основных размеров оправки.

5 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Номер варианта задания и исходные данные для расчета.
3. Основные характеристики самоцентрирующих механизмов (письменные ответы на вопросы 1 и 3).
4. Конструктивные особенности и технологические возможности самоцентрирующих механизмов с гидропластмассой (письменные ответы на вопросы 9, 10, 11 и 12).
5. Расчет оправки с гидропластмассой.
6. Эскиз оправки с указанием ее конструктивных элементов и основных размеров.

6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие приспособления относятся к самоцентрирующим?
2. Какими бывают приспособления по способу их установки на станке?
3. Перечислите основные характеристики самоцентрирующих механизмов.
4. Что такое точность центрирования? Какие самоцентрирующие механизмы вы знаете, какова их точность центрирования?
5. Как рассчитывается требуемая сила зажима заготовки, устанавливаемой в самоцентрирующем устройстве с гидропластмассой?

6. Из каких составляющих состоит и каким образом рассчитывается необходимое давление в сопряжении заготовки и тонкостенной втулки оправки?

7. Как рассчитывается необходимое усилие на плунжере?

8. Из каких соображений определяется величина рабочего хода плунжера?

9. Какова точность центрирования заготовки в самоцентрирующем механизме с гидропластмассой?

10. С какой точностью должна быть обработана базовая поверхность заготовок, устанавливаемых в патроны и оправки с гидропластмассой, и почему?

11. Для обработки каких заготовок предпочтительно применение самоцентрирующих механизмов с гидропластмассой и почему?

12. Перечислите основные требования, предъявляемые к гидропластмассам.

13. Из каких материалов изготавливают тонкостенные втулки, какую твердость они имеют?

Таблица 2 – Варианты заданий

Вариант	d мм	D мм	$L3$ мм	Pz Н
1	105	63H7	70	920
2	80	46Js6	48	580
3	140	90H8	126	940
4	70	54H6	52	650
5	46	28Js7	65	370
6	52	36H7	40	480
7	120	100Js7	134	1240
8	74	56H8	76	520
9	110	92Js7	96	980
10	95	72H6	50	730
11	108	84H8	112	810
12	60	48H7	84	610
13	108	64Js7	70	740
14	84	32Js7	54	820
15	110	76H7	80	960
16	92	44Js6	54	760
17	120	102H8	125	1170
18	94	67H8	86	880
19	72	30H7	46	450
20	160	96H6	84	970
21	94	52Js7	68	680
22	94	78H8	108	880

СПИСОК ЦИТИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник технолога машиностроителя: в 2-х т. / Под ред. А. М. Дальского. – М. : Машиностроение, 2003. – Т. 2.

2. Горохов, В. А. Проектирование технологической оснастки / В. А. Горохов. – Минск : Бервита, 1997.

3. Антонюк, В. Е. Конструктору станочных приспособлений. Справочное пособие / В. Е. Антонюк. – Минск : Беларусь, 1991.

4. Технологическая оснастка / М. Ф. Пашкевич [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002.

Учебное издание

Составители:

*Ялковский Николай Степанович
Кудрицкий Ярослав Владимирович
Левданский Алексей Маратович*

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе

**“РАСЧЕТ САМОЦЕНТРИРУЮЩИХ
МЕХАНИЗМОВ С ГИДРОПЛАСТМАССОЙ”**

*по дисциплине «Технологическая оснастка»
для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»*

Ответственный за выпуск: Ялковский Н. С.

Редактор: Митлошук М. А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А. П.

Корректор: Дударук С. А.

Подписано в печать 28.12.2022 г. Формат 60x84 1/16. Бумага «Performer».
Гарнитура «Arial Narrow». Усл. печ. л. 0,69. Уч. изд. л. 0,75. Заказ № 1528. Тираж 20 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.