

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО УСИЛИЯ ОБКАТЫВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ РОЛИКАМИ

Борис Бутаков, Виталий Артюх, Елена Баранова

Николаевский национальный аграрный университет

Ул. Парижской коммуны, 9, г. Николаев, Украина. E-mail: vitaliy5555555555@rambler.ru

Boris Butakov, Vitaliy Artyukh, Olena Baranova

Nikolaev National Agrarian University

St. Paris Commune, 9, Nikolaev, Ukraine. E-mail: vitaliy5555555555@rambler.ru

Аннотация. Проблема повышения сопротивления изнашиванию, становится все больше актуальной, так как постоянно растет интенсивность работы оборудования. Повышение срока эксплуатации деталей можно получить за счет улучшения характеристик шероховатости поверхностного слоя с помощью поверхностного пластического деформирования (ППД).

Совмещение чистового и упрочняющего обкатывания роликами позволяет получить оптимальные характеристики шероховатости обкатанной поверхности и большую глубину упрочненного поверхностного слоя и приводит к повышению как износостойкости деталей, так и их усталостной прочности.

Дополнительные возможности увеличения степени пластической деформации при малых φ_a , что предотвращает появление волнистости и с опорами скольжения, открывает уменьшение диаметра ролика. Диаметр ролика не определяет непосредственно величину продольной подачи при обкатывании, однако от диаметра зависит рабочее усилие. При уменьшении диаметра ролика уменьшается размер отпечатка, иначе говоря, при данном допуске усилие обкатывания с уменьшением диаметра ролика может быть увеличен его профильный радиус, а следовательно, увеличена подача, и, тем самым, повышена производительность.

Кроме того, реализация больших рабочих усилий требует применения сложных и тяжелых обкатных устройств. Все это приводит к тому, что увеличение радиуса ролика при сохранении остальных параметров процесса обкатывания позволяет повышать производительность лишь в очень узких пределах.

Для устранения волнистости было разработано и изготовлено устройство, которое не будет создавать волнистость поверхности при больших усилиях обкатывания. В устройстве по сравнению с аналогом опоры скольжения роликового узла были заменены на опоры качения.

Представлена методика определения усилия обкатывания торообразными, бочкообразными и цилиндрическими роликами. С целью предотвращения перенаклепа и шелушения обкатываемого металла, введено ограничение усилия обкатывания средним углом вдавливания не превышающим 5° .

Ключевые слова: обкатывание, ролик, средний угол вдавливания, твердость, стабилизация усилия, приведенная кривизна

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

К основным элементам режима обкатывания роликами относят усилие, подачу, скорость и количество проходов. Усилие обкатывания в многосерийном и массовом производстве определяется опытным путем на пробной партии деталей [1-4]. Для предотвращения появления волнистости при чистовом обкатывании рекомендуют принимать угол вдавливания φ_a значением $2-3^{\circ}$ (что, однако, ограничивает шероховатость обкатанной поверхности величиной $10 < Rz < 20$ мкм), а для уменьшения волнистости – использовать ролики с точным рабочим профилем и чаще их перешлифовывать. При упрочняющем обкатывании тонкий поверхностный слой для исключения волнистости поверхности сошлифовывают или стачивают, это существенно уменьшает эффективность упрочнения [5-18].

Необходимо разработать режимы для обкатывания тел вращения роликами для предотвращения появления волнистости на поверхности обрабатываемой детали.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В условиях единичного и мелкосерийного производства находят применение методики, которые позволяют назначить усилие обкатывания в зависимости от геометрических размеров детали и ролика, а также механических свойств обкатываемого материала. Ю. Г. Проскуряков, Л. М. Школьник на основе экспериментальных исследований предложил метод расчета усилия обкатывания валов и отверстий шариком и роликом с прямолинейной образующей. Усилие определяется в зависимости от геометрических размеров ролика и детали, модуля упругости обкатываемого материала и максимального давления в контакте при обкатывании.

Также В. М. Браславским была разработана методика подбора режимов обкатывания и введен коэффициент твердости.

В работах [23, 25 - 27] приведенная методика обкатывания деталей роликами с небольшим усилием.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является разработка рекомендаций по выбору оптимальных режимов обкатывания роликами деталей вращения из разных сталей, в зависимости от геометрических размеров роликов и обрабатываемых деталей.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Измерения отпечатков, полученных при разных усилиях вдавливания и разных размерах деталей и роликов, показали, что форма эллипса характеризуется отношением полуосей b/a , значение которых рассчитаны по известным формулам теории упругости. На рис. 1 приведен график зависимости формы отпечатка (b/a) от соотношения кривизны детали и ролика [2].

Нами в основу расчета усилия обкатывания положена зависимость, которая связывает усилие вдавливания шарика с диаметром отпечатка, который рассчитывается по формуле Мейера [3, 4]:

$$P_{ш} = m d_0^n = m D_{ш}^n \sin^n \varphi, \quad (1)$$

где: $P_{ш}$ – сила вдавливания шарика, d_0 – диаметр отпечатка, $D_{ш}$ – диаметр шарика, φ – угол вдавливания (рис. 1), m и n – константы Мейера, соответственно зависящие от диаметра шарика, свойств обрабатываемого материала и от способности материала к наклепу.

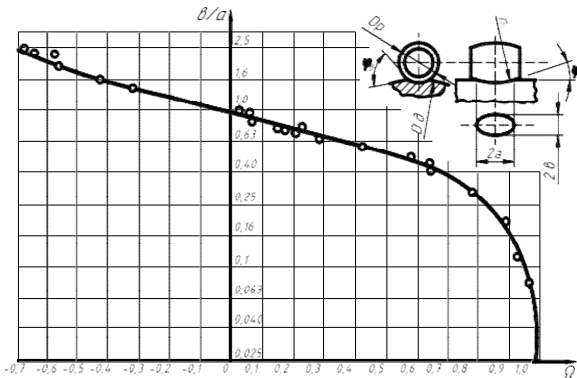


Рис. 1. Зависимость формы отпечатка от размеров детали и ролика ($\Omega = (2/D_p + 2/D_d - 1/r_p - 1/R)/(2/D_p + 2/D_d + 1/r_p + 1/R)$):

D_p, r_p – диаметр и профильный радиус ролика, D_d, R – диаметр и радиус кривизны образующей детали)

Fig. 1. Dependence of form of imprint on the sizes of detail and roller ($\Omega = (2/D_p + 2/D_d - 1/r_p - 1/R)/(2/D_p + 2/D_d + 1/r_p + 1/R)$):

D_p, r_p is a diameter and type radius of roller, D_d, R – diameter and radius of curvature of formative detail)

При изменении диаметра шарика, когда соблюдается постоянство угла вдавливания, усилие изменяется пропорционально площади отпечатка (закон подобия):

$$\frac{P}{F} = \frac{P_{ш}}{F_{ш}} = const. \quad (2)$$

При разных углах вдавливания равенство (2) не соблюдается, потому что удельное давление зависит от угла вдавливания шарика. Так как отпечаток ролика на поверхности детали имеет форму эллипса

(рис. 1) для сравнения усилия вдавливания ролика и шарика условие подобия заменено равенством среднего угла вдавливания:

$$\frac{\varphi_a + \varphi_b}{2} = \varphi, \quad (3)$$

где: φ_a, φ_b – углы вдавливания ролика соответственно в осевом и продольном сечениях.

В предположении, что при условии (3) усилия пропорциональны площадям отпечатков, запишем с учетом (1):

$$P = P_{ш} \frac{F}{F_{ш}} = 4 m D_{ш}^{n-2} \sin^{n-2} \varphi a b, \quad (4)$$

где: a, b – полуоси отпечатков соответственно в осевом и поперечном сечениях (рис. 1).

Значения m и n определены в работе [2] для разных сталей и диаметров шарика; $n = 2, 3$ для $D_{ш} = 60$ мм и стали 20 (140 HB), $m = 0,44$ кН/мм (значение $D_{ш}, a$ и b приведены в мм, P – в кН).

Экспериментально установлено, что при обкатывании без продольной подачи с углами вдавливания 5 – 6° шероховатость поверхности уменьшается на 5-7 классов. Впрочем, использование таких углов вдавливания считают в работе [3, 20] при обкатывании с подачей роликов недопустимым из-за волнистости обкатанной поверхности. Полуось отпечатка ролика на детали будет равна:

$$a = r_p \sin \varphi_a. \quad (5)$$

Формулу (4) преобразуем с учетом (5):

$$P = 4 m D_{ш}^{n-2} \sin^{n-2} \varphi \sin^2 \varphi \frac{b}{a} r_p^2. \quad (6)$$

Основным параметром, который определяет чистовой или упрочняющий режим обкатывания, является усилие вдавливания ролика.

С целью проверки применимости формулы (3) в зависимости Мейера (1), для значительно вытянутых отпечатков, когда $a \gg b$ осуществлено экспериментальное вдавливание шариков, торообразных, бочкообразных и цилиндрических роликов в стальные образцы с разными усилиями на прессе Бринелля.

При вдавливании цилиндрических роликов с целью получения равномерной деформации металла по длине роликов была обеспечена их самоустановка по поверхности образца. Для того, чтобы уменьшить влияние концентрации напряжений вблизи концов цилиндрических роликов на величину напряжений в средней части отпечатка, где происходило измерение его ширины, длина цилиндрических роликов была принята равной ширине образцов и в несколько раз превышала диаметр роликов.

После вдавливания роликов размеры отпечатков измерены на инструментальном микроскопе с точностью 0,005 мм и рассчитывалось среднее давление P (в МПа). Это значение, умноженное для круговых отпечатков на 10^3 , является твердостью по Мейеру HM . Зависимость HM от угла φ (в интервале 2 – 25°) для сталей различной твердости аппроксимировали зависимостью, $HM = \gamma e^{\beta_1 \varphi} \varphi^{\beta_2}$, где e – основа натуральных логарифмов, значения γ, β_1 и β_2 приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения γ, β_1 и β_2
Table 1. Values γ, β_1 и β_2

HB	γ , НМ/град	β_1 , град ⁻¹	β_2
128	33,4	-0,0137	0,53
176	56,7	-0,017	0,49
202	86,7	-0,019	0,42
341	190,2	-0,02	0,21

Прологарифмировав уравнение регрессии, получим:

$$\square gHM = \square g \gamma + \beta_1 \varphi \square g e + \beta_2 \square g \varphi.$$

Введя обозначения $y = \square g HM; \epsilon_1 = \beta_1 \square g e; \epsilon_2 = \beta_2; a_1 = \square g \gamma$ имеем:

$$y = a_1 + \epsilon_1 \varphi + \epsilon_2 \square g \varphi, \quad (7)$$

где: y – среднее давление в отпечатке, φ – средний угол вдавливания.

Оценки коэффициентов $a_1, \epsilon_1, \epsilon_2$ линий регрессии определяются в соответствии с методом наименьших квадратов [5] по формулам:

$$a_1 = \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad (8)$$

$$\epsilon_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(\varphi_i - \bar{\varphi})}{\sum_{i=1}^n (\varphi_i - \bar{\varphi})^2}, \quad (9)$$

$$\epsilon_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(\lg \varphi_i - \bar{\lg \varphi})}{\sum_{i=1}^n (\lg \varphi_i - \bar{\lg \varphi})^2}, \quad (10)$$

$$D_{\varphi \lg \varphi} = \sum_{i=1}^n (\lg \varphi_i - \bar{\lg \varphi}) \cdot \left(\varphi_i - \bar{\varphi} \right) - \left(\sum_{i=1}^n (\lg \varphi_i - \bar{\lg \varphi}) \cdot \left(\varphi_i - \bar{\varphi} \right) \right),$$

где: $\bar{\varphi}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_i; \bar{\lg \varphi}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg \varphi_i.$

Оценки дисперсий коэффициентов определяются:

$$S_a^2 = \frac{S^2}{n}, \quad (11)$$

$$S_{\epsilon_1}^2 = S^2 \frac{\sum_{i=1}^n (\lg \varphi_i - \bar{\lg \varphi})^2}{D_{\varphi \lg \varphi}}, \quad (12)$$

$$S_{\epsilon_2}^2 = S^2 \frac{\sum_{i=1}^n (\varphi_i - \bar{\varphi})^2}{D_{\varphi \lg \varphi}}, \quad (13)$$

$$S_{\epsilon_1 \epsilon_2} = -S^2 \frac{\sum_{i=1}^n (\varphi_i - \bar{\varphi}) \cdot (\lg \varphi_i - \bar{\lg \varphi})}{D_{\varphi \lg \varphi}}, \quad (14)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-3} \cdot \sum_{i=1}^n (a_1 + \epsilon_1 \cdot \varphi_i + \epsilon_2 \cdot \lg \varphi_i - y_i)^2. \quad (15)$$

После статистической обработки результатов полученная зависимость среднего давления на отпечатке от среднего угла вдавливания для сталей различной твердости показана на рис. 2.

Значение P , умноженное на 10^3 для торообразных, бочкообразных и цилиндрических роликов, вычисленное при различных углах вдавливания φ , рассчитанных по формуле (3), отклоняется от твердости по Мейеру не более чем на 7%. Это позволяет принять при расчете усилия обкатывания P торооб-

разными, бочкообразными и цилиндрическими роликами в качестве условия подобия постоянство угла вдавливания φ . При обкатывании деталей бочкообразными роликами малого диаметра, дающими вытянутые отпечатки, а также торообразными роликами, с установкой роликового узла на опорах качения [6, 19], усилие P и угол φ_a могут быть увеличены, а при отношении осей отпечатка $v/a < 0,25$ должны быть уменьшены во избежание шелушения обкатанной поверхности в результате перенаклепа. Начало шелушения обкатанной поверхности зависит от механических свойств обкатываемого материала, формы микронеровностей, условий смазки и режима обкатывания. Ограничивая средний угол вдавливания $\varphi = 5^\circ$ можно предотвратить шелушение при большем или меньшем числе проходов.

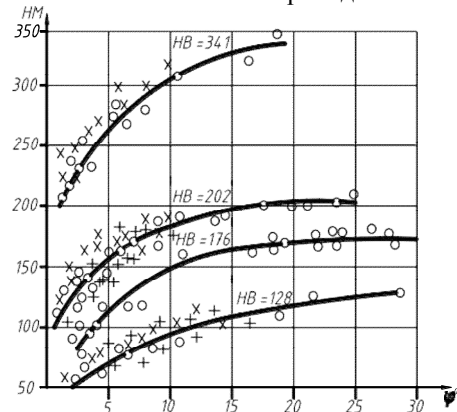


Рис. 2. Зависимость среднего давления на отпечатке от среднего угла вдавливания:

o – отпечатки шариков; x – отпечатки торообразных и бочкообразных роликов; + – отпечатки цилиндрических роликов

Fig. 2. Dependence of middle pressure on an imprint from the middle corner of pressing:

o – imprints of marbles x – imprints of torobraznykh and barreltype rollers + – imprints of cylindrical rollers

Подставив в формулу (3) значения полуосей a и b , записанные с учетом малости углов φ_a и φ_b в виде выражений:

$$\left. \begin{aligned} a &= r_p \varphi_a; \\ b &= \frac{\varphi_b}{\frac{2}{D_p} \pm \frac{2}{D_o}} \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

получим:

$$P = \frac{4 m D^{n-2} \varphi^{n-2} r_p \varphi_a \varphi_b}{\frac{2}{D_p} \pm \frac{2}{D_o}}. \quad (17)$$

Определим значения углов φ_a и φ_b . Отношение полуосей эллипса отпечатка с учетом (16):

$$\frac{a}{b} = \frac{\varphi_a}{\left(\frac{2}{D_p} \pm \frac{2}{D_o} \right) r_p \varphi_b}. \quad (18)$$

Из совместного решения уравнений (3) и (17) относительно φ_a и φ_b имеем:

$$\varphi_a = \frac{2\varphi}{1 + \frac{6}{a} r_p \left(\frac{2}{D_p} \pm \frac{2}{D_o} \right)}, \quad (19)$$

$$\varphi = \frac{2 a r_p \left(\frac{2}{D_p} \pm \frac{2}{D_o} \right) \varphi_a}{1 + \frac{6}{a} r_p \left(\frac{2}{D_p} \pm \frac{2}{D_o} \right)}. \quad (20)$$

С учетом этих значений углов формула (17) примет вид:

$$P = \frac{16 m D_u^{n-2} \varphi^{n-2} r_p^2 \frac{6}{a}}{\left[1 + \frac{6}{a} r_p \left(\frac{2}{D_p} \pm \frac{2}{D_o} \right) \right]^2}, \quad (21)$$

где: в круглых скобках знак “+” относится к обкатыванию валов, а знак “-” - к раскатыванию отверстий; значение угла φ в радианах.

После подстановки в выражение (21) экспериментальных значений $n = 2,3$ и $m = 0,44$ кН/мм² [4], например для стали 20, при $D_u = 60$ мм получим:

$$P_{20} = \frac{21 \varphi^{2,3} r_p^2 \frac{6}{a}}{\left[1 + \frac{6}{a} r_p \left(\frac{2}{D_p} \pm \frac{2}{D_o} \right) \right]^2}, \quad (22)$$

где: P_{20} в кН.

Усилие обкатывания сталей различной твердости определяется произведением:

$$P = K_p P_{20}, \quad (23)$$

где: K_p – коэффициент, учитывающий твердость $HВ$ обкатываемых сталей.

Для построения графика зависимости усилия P_{20} от геометрических величин определим значение диаметра D_p и профильного радиуса ролика r_p [4, 21], соответствующие фиксированному значению усилия P_{20} .

Для случая обкатывания плоскости, когда $2/D_o = 0$, параметр Ω имеет вид:

$$\Omega = \frac{\frac{2}{D_p} - \frac{1}{r_p}}{\frac{2}{D_p} + \frac{1}{r_p}}. \quad (24)$$

Преобразовав относительно r_p имеем:

$$r_p = \frac{(1 + \Omega) D_p}{2(1 - \Omega)}. \quad (25)$$

Подставив данные значения r_p в (22) при $2/D_o = 0$, получим:

$$D_p = \frac{\sqrt{P_{20}} [1 - \Omega + \frac{6}{a} (1 + \Omega)]}{2,29 \varphi^{1,15} \sqrt[6]{(1 + \Omega)}}. \quad (26)$$

Задаваясь различными отношениями φ/a , а также находя по графику (рис. 1) соответствующие им значения Ω для фиксированных P_{20} и φ , находим по формулам (25) и (26) размеры D_p и r_p . Исходя из этого следует считать для стальных деталей допустимым средний угол вдавливания $\varphi = 5^\circ$. При этом по мере вытягивания отпечатков ($\Omega \rightarrow 1$) угол вдавливания в направлении обкатывания φ_s стремиться до 10° .

На рис. 3 приведен график зависимости приведенного усилия от геометрических размеров детали и ролика.

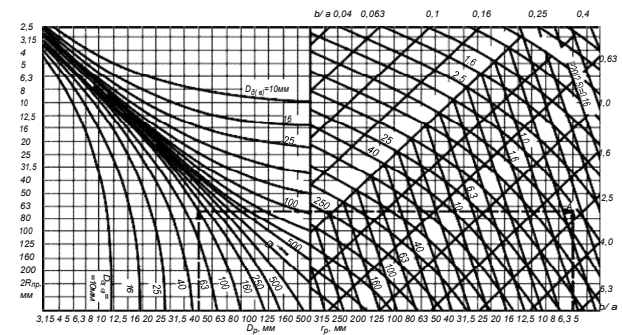


Рис. 3. Зависимость усилия обкатывания от размеров детали и ролика

Fig. 3. Dependence of effort of rolling-off from the sizes of detail and roller

В левой части графика построено семейство кривых, представляющих собой зависимость удвоенного приведенного радиуса кривизны ($2R_{np}$) в плоскости качения ролика от диаметра ролика и детали ($2R_{np} = 1/(1/D_p \pm 1/D_o)$) для обрабатываемых поверхностей, разнообразной формы [3, 22]. Семейство

кривых разделено прямой $D_o \rightarrow \infty$, которая относится к случаю обработки плоских поверхностей; кривые, расположенные над этой прямой, относятся к обкатыванию валов, под ней – к раскатыванию отверстий.

В правой части номограммы, кривые линии с использованием уравнений (25) и (26), соответствуют усилиям $P_{20(s)}$ обкатывания роликами при установке роликовых узлов на подшипниках качения [3] и работе со средним углом вдавливания $\varphi = 5^\circ$, когда необходимо получить поверхность с параметром шероховатости $0,08 \leq R_a \leq 0,32$ мкм и совместить чистовое и упрочняющее обкатывание. Отрезки прямых, расположенные ниже наклонной прямой $\varphi/a = 0,25$, соответствуют усилиям $P_{20(2,5)}$ обкатывания с средним углом вдавливания $\varphi = 2,5^\circ$ при чистовом режиме обкатывания. При расчете точек прямоугольных отрезков учтено влияние диаметра детали и этим ликвидирована погрешность, допускающаяся в пределах 10% при построении номограммы [2, 23]. Представленную номограмму (рис.

3.) с использованием формулы (23) можно применять при обкатывании сталей других марок с разной твердостью до $HВ = 400$ с учетом значений K_p .

ВЫВОДЫ

Разработана методика определения усилия обкатывания бочкообразными, цилиндрическими и тороидальными роликами. С целью предотвращения перенаклепа и шелушения обкатываемого металла введено ограничение усилия обкатывания средним углом вдавливания, который не превышает 5° .

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

19. **Браславский В.М. 1975.** Технология обкатки крупных деталей роликами 2-е изд. М.: Машиностроение, 160.
20. **Бутаков Б.И. 1984.** Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами. Вестник машиностроения. № 7. 50 – 53.

21. **Бабей Ю.И., Бутаков Б.И., Сысоев В.Г. 1995.** Поверхностное упрочнение металлов. К.: Наукова думка, 256.
22. **Азаревич Г.М., Берштейн Г.Ш. 1963.** Чистовая обработка цилиндрических поверхностей пластическим деформированием. М.: ОНТИ НИИ Тракторсельхозмаша, 43.
23. **Браславский В.М., Топычканов В.В. 1989.** Обкатка деталей роликами как средство повышения износостойкости. Пр-во крупных машин, НИИТЯЖМАШ Уралмашзцзода Вып. XIX. 136 - 144.
24. **Браславский В.М. 1975.** Технология обкатки крупных деталей роликами. М.: Машиностроение, 160.
25. **Браславский В.М., Бутаков Б.И., Шилков Ю.А. 1985.** Повышение износостойкости винтовых пар обкатыванием роликами Технология, организация и механизация механосборочного производства. М.: НИИформТЯЖМАШ. 15 - 17.
26. **Бутаков Б.И. 1984.** Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами Вестн. машиностроения. № 7. 50 - 53.
27. **Иванов В.В. 1980.** Износостойкость стальных деталей, упрочненных обкаткой роликом. Тр. ЦНИИТМАШа, кн. 2.М. 67 - 75.
28. **Кащеев В.Н. 1985.** Предварительный наклеп и абразивное разрушение металлической поверхности. Сельхозмашина. № 1. 20 - 26.
29. **Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. 1985.** Основы расчетов на трение и износ. М.: Машиностроение, 526.
30. **Кудрявцев И.В., Грудская Р.Е. 1984.** Новые способы поверхностного пластического деформирования. Машиностроитель, № 7. 28 - 29.
31. **Марков А.И. 1980.** Ультразвуковая обработка материалов. М.: Машиностроение, 238.
32. **Фридман Я.Б. 1987.** Механические свойства металлов. М.: Оборонгиз, 556.
33. **Одинцов Л.Г. 1981.** Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибровыглаживанием. М.: Машиностроение, 160.
34. **Папшев Д.Д. 1983.** Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 152.
35. **Рыжов Э.В., Суслов А.Г., Федоров В.П. 1979.** Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. М.: Машиностроение, 176.
36. **Степнов М.Н. 1980.** Статистическая обработка результатов механических испытаний. М.: Машиностроение, 232.
37. **Хрущев М.М., Бабичев М.А. 1984.** Экспериментальные основы теории абразивного изнашивания Вести, машиностроения. № 6. 56 - 62.
38. **Школьник Л.М., Шахов В.И. 1964.** Технология и приспособления для упрочнения и отделки деталей накатыванием. М.: Машиностроение. 184.
39. **Роров А. 2010.** Новая теория контактной прочности упруго сжатых тел / Motrol, Motoryzacja I energetyka rolnictwa. Lublin. Tom12A. 223 - 232.
40. **Holoptsev A.W. 2011.** Особенности применения множественно-регрессионных моделей динамики активности Sr-90 в ташлыкском водохранилищном водоеме Южноукраинской АЕС при ее прогнозировании / Zhebet L.S. // Motrol, Motoryzacja I energetyka rolnictwa. Lublin. Tom13. 137 - 149.
41. **Роров А. 2015.** Анализ характеристик контакта поверхностей с первоначальным линейным и точечным касанием / Motrol, Motoryzacja I energetyka rolnictwa. Lublin. VOL 17, No.2. 9 - 16.
42. **Aulin V. 2015.** Исследование изменения мощности дизеля автомобилей, работающих в нестационарных условиях / Motrol, Motoryzacja I energetyka rolnictwa. Lublin. VOL 17, No.2. 103 - 108.
43. **Butakov B. 2013** Волнистость поверхности при обкатывании тел вращения роликами / Motrol, Motoryzacja I energetyka rolnictwa. Lublin. - Vol15, No2. 15 - 22.
44. **Butakov B. 2012** Исследования точности валов обкатанных устройством со стабилизацией рабочего усилия обкатывания / Motrol, Motoryzacja I energetyka rolnictwa. Lublin. - Tom14A. 15 - 22.
45. **Бутаков Б.И., Артюх В.А. 2013** Определение оптимального усилия обкатывания валов роликами. Санкт - Петербург, Ч. 2. 58-64.

METHOD SELECTION OPTIMUM EFFORTS ROLLING PARTS ROLLERS

Summary. The problem of increasing wear resistance, is becoming increasingly important, as the growing intensity of the equipment. Increased service life of parts can be obtained by improving the characteristics of the roughness of the surface layer via surface plastic deformation (PPD) the combination of finishing and reinforcing obkатыvani rollers allows to obtain optimum performance run-roughness of the surface and a greater depth of the hardened surface layer and increases the durability of both parts, and their fatigue strength.

Additional opportunities to increase the degree of plastic deformation that the preemergence dotvrashaet waviness and legs opens reduction in diameter roller.

The diameter of the roller does not determine directly led-rank longitudinal feed at obkатыvani, however, it depends on the diameter of the operating force. By reducing the diameter of the roll decreases the print size, thins let his profile range can be increased at a given effort permitted-running-tion with a decrease in the diameter of the roller, and consequently, increased supply and, thus, increased productivity. In addition, the implementation of large work effort requires the use of complex and heavy flow forming device. All this leads to the fact that the increase in the radius of the roller while maintaining the other parameters-ditch