



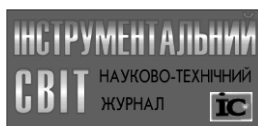
**Украинский информационный  
Центр  
«НАУКА. ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИЯ»**

*Создан в 2000 г. при содействии Проекта УКР\98\006  
«Обмен технологической информацией в Украине для  
поддержки экономических преобразований»  
Программы Развития ООН  
при поддержке*

*Национальной академии наук Украины  
Министерства образования, науки, молодежи и спорта Украины  
Национального информационного центра по сотрудничеству с ЕС в  
сфере науки и технологий (НИП Украины),  
Международной ассоциации инструментальщиков  
Министерства угольной промышленности Украины  
Общества сварщиков Украины  
ОАО «БЕЛКАРД»  
УО "Гродненский государственный университет имени Янки Купалы"*

**«МАТЕРИАЛЫ. МЕТОДЫ. ТЕХНОЛОГИИ»**

**Материалы Тринадцатой  
международной Промышленной конференции  
18 - 22 февраля 2013 г., п. Плавья, Карпаты  
СПОНСОРЫ:**



**Журнал «Ремонт, восстановление, модернизация»**



**"Веснік  
Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серыя 6.  
Тэхніка" (Гродно)**

Киев - 2013

Бутаков Б.И., Марченко Д.Д., Кузнецов А.О.  
Николаевский национальный аграрный университет, г. Николаев

### УПРОЧНЕНИЕ ГАЛТЕЛЕЙ ВАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ОБКАТЫВАНИЯ КЛИНОВЫМ РОЛИКОМ

Галтельные переходы ступенчатых и коленчатых валов – распространенный тип конструктивных концентраторов напряжений. Снижение усталостной прочности вала в зоне галтели зависит от отношения ее радиуса к диаметру вала и от соотношения диаметров участков, которые соединяются. Эффективный коэффициент концентрации напряжений в малых галтелях достигает двух и более. В табл. 1 приведены результаты ряда исследований, которые показывают, что при обкатывании галтелей малого радиуса предел выносливости валов повышается на 30 - 86%. В исследовательской практике известны случаи разрушения ступенчатых валов с обкатанными галтелями по гладким участкам; следовательно, обкатывание полностью сняло концентрацию напряжений.

Таблица 1

Эффективность упрочнения ступенчатых валов обкатыванием роликами

Размеры валов в мм			Размеры роликов в мм		Усилия обкатывания, Р в кН	Предел выносливости валов в МПа		Увеличение предела выносливости в %	Автор
Диаметр малой ступени, $D_d$	Радиус галтели, R		$\frac{R}{D_d}$ Диаметр, $D_p$	Радиус профиля, r		необкатанные	обкатанные		
						2	2		Хорджер
						2	2		
						1	2		
						1	2		
2	,85	,071	0	,85	,50	95	35	0	И.В. Кудрявцев
4	,8	,057	8	,75		1	2		О.О. Куликов
						1	2		
2	,8	,066	,6	,8		1	2		
						1	2		
0		,066				1	2		
						1	2		О.О. Куликов В.М. Браславский
80		,045	5,86	,93	5,00	30	85	2	

На рис. 1 приведены схемы некоторых способов обкатывания галтелей роликами. Простой способ – обкатывание роликом, профильный радиус которого равен радиусу кривизны галтели (рис. 1, а). Обкатывание выполняется с помощью универсальных однороликовых приспособлений, установленных на угол до 45° к оси упрочняемого вала. Для галтелей малого радиуса этот метод достаточно эффективен. При рабочем усилии 60 кН можно обкатывать галтели радиусом до 5 мм. Но

усилие 60,00 кН большое и может быть допущено далеко не всегда как по конструкции токарных станков, так и по жесткости обкатываемых деталей. С другой стороны, радиус 5 мм относительно невелик, часто приходится упрочнять значительно большие галтели. Линейный контакт ролика с деталью при такой схеме обкатывания приводит к уменьшению глубины деформации металла.

При работе валов с галтелями малого радиуса развитие усталостной трещины начинается обычно с поверхности в зоне наибольшей концентрации напряжений. Поэтому относительному повышению эффективности упрочнения способствует увеличение степени наклепа, достигаемое путем уменьшения диаметра роликов. Этот путь используют применяя в качестве деформирующих элементов малые ролики или шарики без материальной оси вращения (рис. 1, б).

Эффективность обкатывания галтелей шариком на валах крупных размеров специально исследовалась в работе [1]. Испытывались валы из стали 40 диаметром 45 и 180 мм с галтелью соответственно 2 и 8 мм. Усилие обкатывания выбиралось пропорциональным квадратам линейных размеров и составляла соответственно 4 и 65 кН. В результате обкатывания предел выносливости при испытаниях на круговой изгиб повысился на 75% у валов диаметром 45 мм и на 42% у валов диаметром 180 мм.

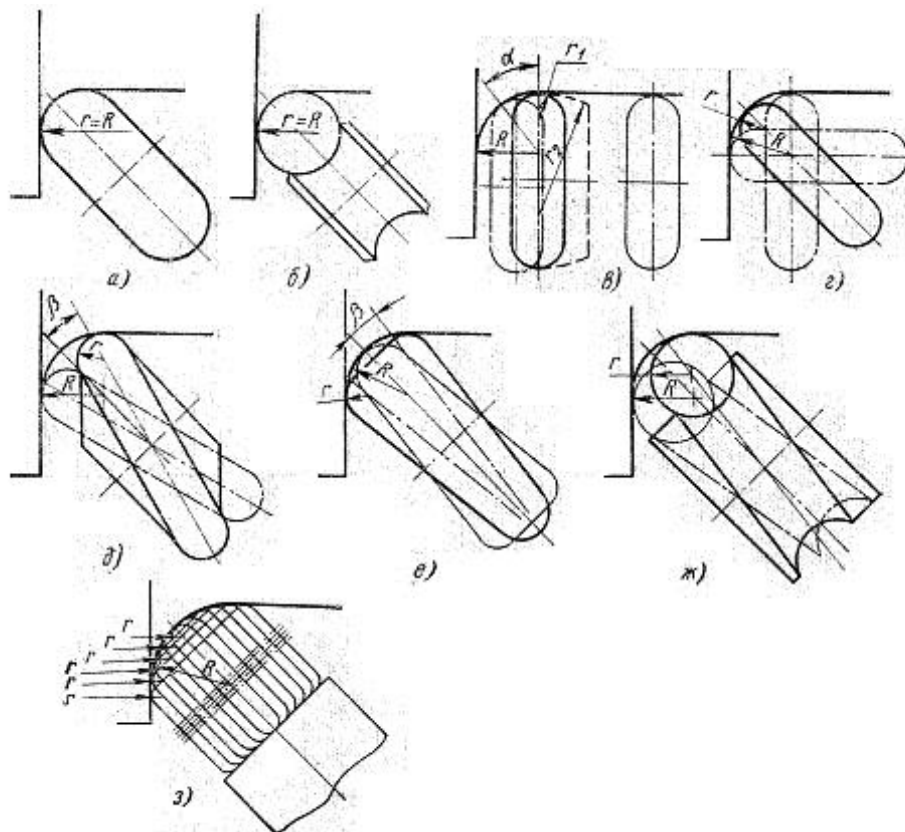


Рис. 1. Схемы обкатывания галтелей роликами

Данные табл. 1, характеризующие эти случаи, показывают, что шарики, примененные для обкатывания, имели несколько большую кривизну, чем соответствующие галтели. Это, очевидно, могло иметь существенное значение, поскольку линейный контакт шарика с галтелью стал точечным и, следовательно, способствовал увеличению степени наклепа.

Определяя приведенный радиус кривизны, видим, что при обкатывании галтели радиусом 2 мм он составил 130 мм, а при обкатывании галтели радиусом 8 мм – 900 мм. Для сохранения геометрического подобия приведенный радиус во втором случае должен быть равен 520 мм, что было бы обеспечено в случае использования шарика диаметром 15,76 мм. Можно считать, что повышенная путем увеличения кривизны шарика степень наклепа позволила бы сократить разрыв в полученных величинах упрочняющего эффекта.

Практически разница в кривизне, измеряемая десятными долями миллиметра, по-видимому, может всегда иметь место в производственных условиях из-за отклонений радиуса галтели. Если это приводит к столь значительным колебаниям прочности, то целесообразно использовать шарики или ролики заведомо уменьшенного радиуса кривизны в осевом сечении.

В табл. 1 приведены данные Хорджера, который получил повышение предела выносливости ступенчатых валов диаметром 133 мм на 30% при обкатывании галтели радиусом 7,15 мм роликом с

профильным радиусом 4,4 мм. Усилие обкатывания в этом случае было всего 6,8 кН. Обкатывание выполнялась без подачи, т. е. роликом, постоянно установленным под углом  $45^\circ$  к оси вала, в результате чего профиль галтели искажился, - на нем образовался кольцевой след ролика. Однако при высокой степени наклепа это не помешало существенно повысить усталостную прочность валов.

Уменьшение профильного радиуса роликов – второй путь повышения эффективности обкатывания галтелей. Применяют разные схемы обкатывания галтелей с подачей роликов увеличенной кривизны осевого сечения (рис. 1, в, г). Универсальные однороликовые устройства, позволяют обкатывать пригальтельный участок шейки вала и большую часть галтели с подачей вдоль оси вала. Ролику при этом нередко придают двойную кривизну, способствующую уменьшению угла вдавливания в цилиндрическую поверхность (рис. 1, в).

Поворотные устройства (рис. 1, г) обычно применяют для обкатывания галтелей больших радиусов. Известно их использование на Ново-Краматорском машиностроительном заводе. На Уралмашзаводе устройства такого типа применяют для обработки беговых дорожек крупных шариковых опорно-поворотных механизмов. Такие устройства позволяют обтачивать галтели перед обкатыванием. Для этого ролик в них заменяют резцом.

Подача ролика по профилю галтели требует применение довольно сложных механизмов, которые трудно разместить в габаритах галтелей, создающих высокую концентрацию. Для обкатывания таких галтелей успешно используют ролики с биением рабочего профиля, позволяющие интенсифицировать деформацию поверхности детали (рис. 1, д - з).

На рис. 2, а показана конструкция наклонного ролика и схема обкатывания им цилиндрической поверхности. Плоскость симметрии рабочего профиля этого ролика наклонена под небольшим углом к оси вращения. В результате во время обкатывания рабочий профиль бьет на  $\delta$  мм в осевой плоскости. Центр кривизны профиля ролика отклоняется от плоскости поперечного пересечения на  $\frac{\delta}{2} \sin(\psi_0 + \psi)$ , где  $\psi_0$  – начальная фаза поворота ролика;  $\psi$  – угол поворота ролика в рассматриваемом сечении. В общем случае, когда диаметры ролика и детали некрatны, каждый последующий оборот детали вызовет сдвиг синусоиды в круговом направлении на  $\pi(n D_p - D_d)$  где  $n$  – целое число, ближайшее к отношению  $D_p : D_d$ . В результате сдвига ролик при втором проходе начинает деформировать поверхность детали с увеличенной кривизной в исходный момент, что приводит к интенсивной деформации металла, значительному расширению и углублению контактной канавки.

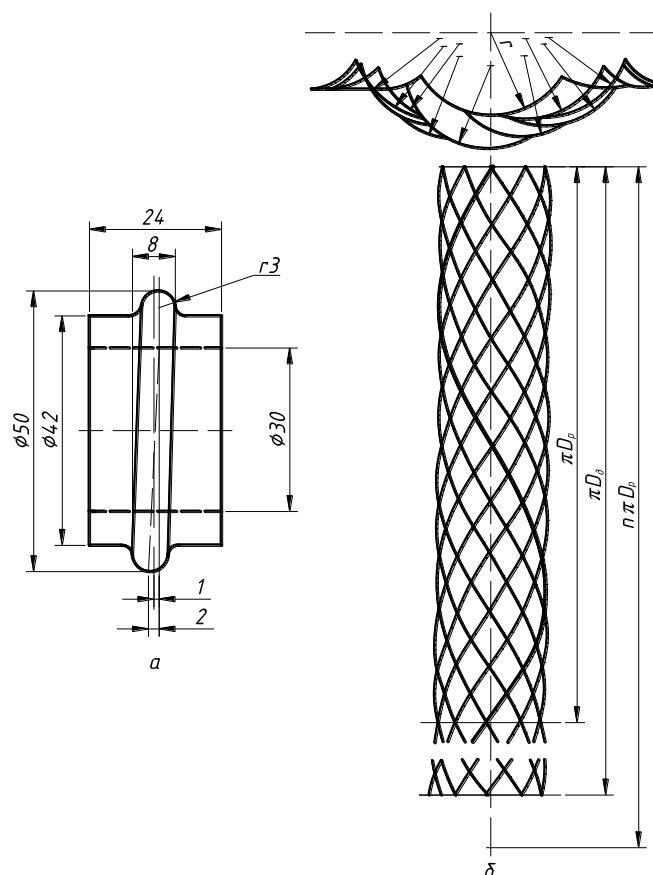


Рис. 2. Наклонный ролик для накатки кольцевых канавок:  
а – конструкция ролика; б – схема деформации

Третий проход начинается при таком же сдвиге синусоиды, и снова ролик глубоко вдавливаются в металл. Процесс интенсивной деформации металла продолжается до тех пор, пока конец синусоидального следа после некоторого  $n$ -го оборота детали не совпадает с его началом.

После окончания цикла обкатывания за первые  $l$  оборотов детали на обкатанной поверхности остается сетка следов ролика. Расстояние между соседними следами в направлении оси детали аналогично выражению:

$$\Delta s = \delta \cos \left( \psi_0 + \psi + \frac{\pi}{l} \right) \sin \frac{\pi}{l}, \quad (1)$$

где  $l$  находится как частное от деления наименьшего общего кратного диаметров детали и ролика на диаметр детали.

Приравняв нулю производную  $\Delta S$ , найдем

$$\Delta s_{\max} = \delta \sin \frac{\pi}{l}. \quad (2)$$

Значение  $\Delta s_{\max}$  характеризует наибольшее смещение следов в направлении оси обкатываемой детали, появившееся в результате биения рабочего профиля ролика, и растет по мере увеличения биения ролика и уменьшается с ростом  $l$ , т. е. с ростом наименьшего общего кратного диаметров детали и ролика.

С помощью наклонного ролика (рис. 2, а) был обкатан вал диаметром 95 мм из стали 20. Хотя усилие обкатывания составляет лишь 5,4 кН, на валу были получены канавки шириной 8 и глубиной 4 мм. Правда, 1,5 мм приходилось на высоту волнообразных наплывов выдавленного металла у краев канавки. Чтобы представить степень интенсификации деформации за счет биения, укажем, что в результате обкатывания такого же вала торообразным роликом с профильным радиусом 5,5 мм при усилии 8,4 кН была получена канавка глубиной 0,6 мм

Применение наклонных роликов с заданным осевым биением для обкатывания цилиндрических поверхностей с продольной подачей позволяет получать заведомо волнистые поверхности, которые могут иметь определенные эксплуатационные достоинства. Такой способ обкатывания можно рассматривать как разновидность виброобкатывания, разработанного Ю.Г. Шнейдером [2].

Особенность обкатывания галтелей в отличие от накатывания кольцевых канавок на цилиндрических поверхностях заключается в том, что обкатываемый диаметр детали непрерывно меняется и в каждый момент зависит от того, с какой точкой профиля галтели соприкасается ролик.

Для оценки  $l$ , определяемого как частное от деления наименьшего общего кратного диаметров детали и ролика на диаметр детали, можно в качестве расчетного диаметра детали принимать величину  $D_d + 0,72R$ , где  $D_d$  – малый диаметр степени обкатываемого вала;  $R$  – радиус галтели.

На рис. 3 показана конструкция приспособления для обкатывания галтелей клиновидным роликом.

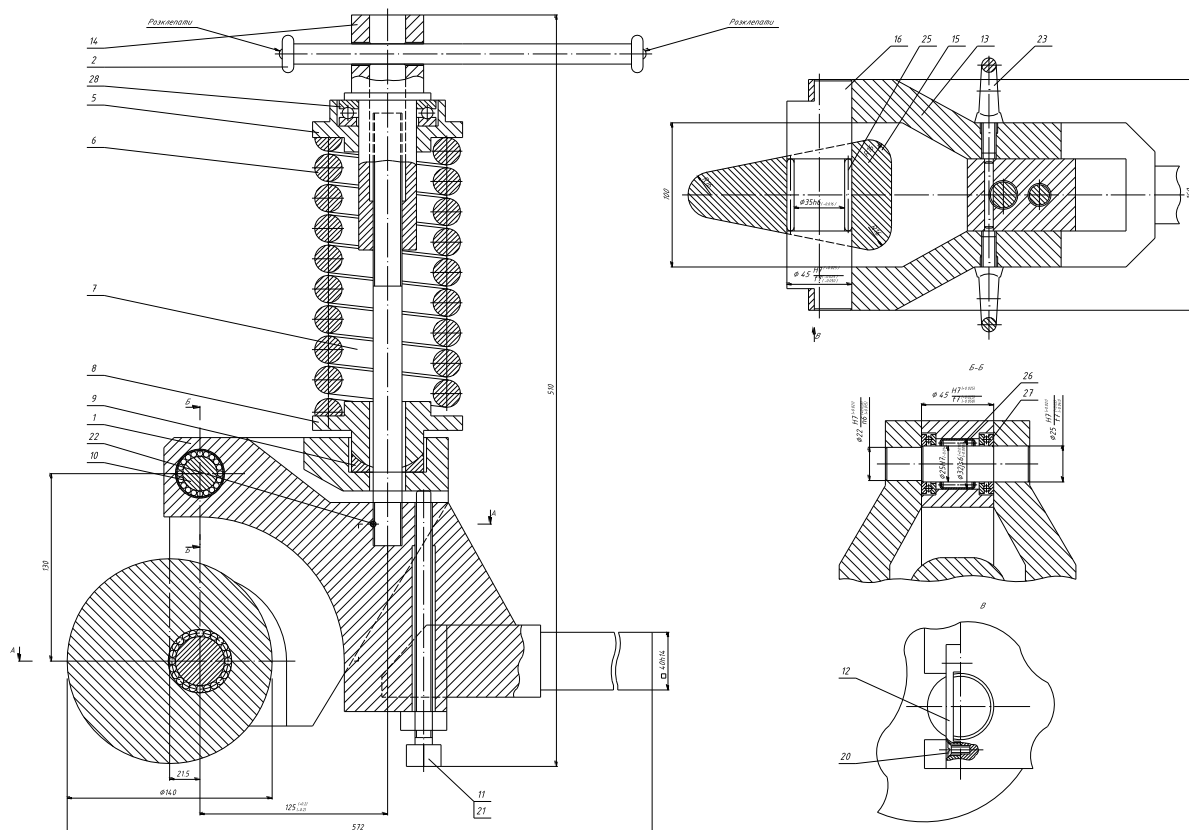


Рис. 3. Устройство для обкатывания галтелей клиновидным роликом

Сравнительное исследование деформации при обкатывании галтелей шариком и наклонным роликом было проведено на валах из стали 40 диаметром 180 - 230 мм. Обкатывали галтели с радиусом 10 мм; усилие обкатывания шариком 50 кН. Диаметр шарика 19,8 мм гарантировал точечный исходный контакт в начале обкатывания. Диаметр наклонного ролика 120 мм, профильный радиус 5 мм. Усилие обкатывания изменялась в пределах от 10 до 25 кН.

Некоторые результаты проведенного исследования показаны на рис. 4. Сравнение полученных графиков 1 и 2 показывает, что, несмотря на уменьшение усилия вдвое – до 25 кН, при обкатывании наклонным роликом как глубина, так и степень наклепа галтели заметно возросли. При дальнейшем уменьшении усилия обкатывания до 11 кН (кривая 3) результат оказался близким к результату обкатывания шариком при усилии 50 кН.

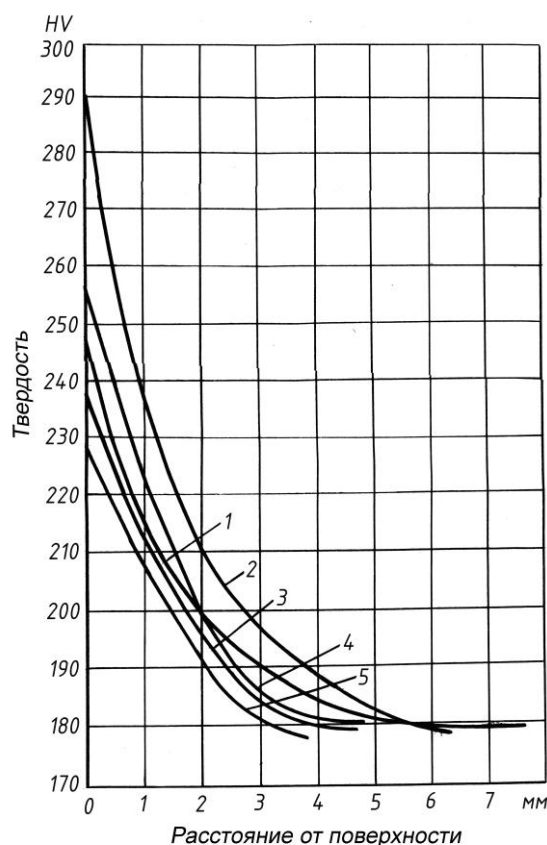


Рис. 4. Твердость поверхностного слоя валов из стали 40 в зоне галтелей 10 мм:  
 1 - обкатанная шариком с рабочей нагрузкой 50 кН; 2 и 3 - наклонным роликом с нагрузкой 25 и 11 кН;  
 4 и 5 - клиновидным роликом с нагрузкой 25 и 12 кН

Для обкатывания галтелей применяют также другую конструктивную разновидность роликов с биением рабочего профиля – клиновидные ролики (рис. 3). Широкая сторона клиновидного сечения ролика равняется хорде, стягивающей дугу обкатываемой галтели, узкая несколько превосходит удвоенный радиус профиля ролика. Ось вращения ролика расположена эксцентрично относительно его внешнего диаметра. Эксцентриситет равняется половине стрелки дуги галтели. Рабочие поверхности радиусов клиновидного ролика оставляют на поверхности обкатываемой галтели одновременно два синусоидальных следа, которые по мере вращения вала и ролика постепенно смещаются в круговом направлении, пока вся поверхность галтели не окажется деформированной [3, 4].

Кривые 4 и 5 на рис. 4 дают представление о распределении твердости в образцах, обкатанных клиновидным роликом с диаметром 120 мм и профильным радиусом 5 мм. Глубина и степень наклепа галтели, обкатанной с усилием 25 кН, близкие к соответствующим характеристикам, полученным после обкатывания галтели шариком с усилием 50 кН. Заметное снижение эффекта по сравнению с наклонным роликом является результатом деления рабочего усилия между двумя точками контакта ролика с обкатываемой деталью. Однако серьезное достоинство клиновидного ролика – уравновешенность осевой составляющей усилия обкатывания.

Постоянное направление реактивного усилия на суппорт в плоскости вращения ролика создает более благоприятные условия работы станка. У наклонного ролика в зависимости от того, в какой точке ролик сталкивается с поверхностью детали, направление реактивного усилия непрерывно изменяется, поэтому допустимая рабочая сила ограничивается жесткостью суппорта токарного станка.

Схемы, приведенные на рис. 1, ж и з, предназначены для обкатывания больших галтелей. В первой из них совмещены уменьшение диаметрального размера инструмента и осевое биение точки контакта. Эта схема реализована при обкатывании кольцевых канавок радиусом 30 мм на валах конусных дробилок. Рис.1, з иллюстрирует способ обкатывания галтелей многороликовым устройством, вписанным в контур галтели. Ролики собраны в сепаратор, вращающийся от индивидуального привода, и опираются на цилиндрический сердечник, поджатый к детали с усилием обкатывания. Вращением детали осуществляется круговое перемещение (подача) очага деформации.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Куликов О.О., Браславский В.М. Исследование эффективности упрочняющей обкатки роликами и шариками для крупных деталей машин. Труды ЦНИИТМАШа, кн. 18. М., ОНТИ, 1961, с. 30 – 41
2. Шнейдер Ю.Г. Инструмент для чистовой обработки металлов давлением. М. – Л., «Машиностроение», 1971, с. 247
3. Бабей Ю.И., Бутаков Б.И., Сысоев В.Г. Поверхностное упрочнение металлов.- Киев: Наукова думка, 1995. – 256 с.
4. Бутаков Б.И., Пастушенко С.И., Артюх В.А., Марченко Д.Д. Упрочнение деталей с помощью ППД с целью повышения их контактной прочности и износостойкости // Вісник Полтавської державної аграрної академії. - 2006. №4. - С. 28 - 30.

**Марченко Д.Д., Пройденко Є.Є.**

**Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв**

**ЗАХОДИ, ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ СТАНУ ПОВІТРЯ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ  
ВИРОБНИЦТВІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ**

Високі темпи росту об'ємів аграрного виробництва, інвестиційна привабливість, конкурентоспроможність сільськогосподарської продукції на зовнішньому ринку робить Миколаївську область одним з аграрно-розвинених регіонів України. Але, поряд з питаннями попиту на сільськогосподарську продукцію і збільшення об'ємів аграрного виробництва, постають питання екологічного стану повітряного середовища через величезне його забруднення. Питання нормалізації атмосферного повітря сільськогосподарського виробництва є дуже актуальними і потребують ґрунтовного вивчення з метою вироблення єдиної стратегії щодо його покращення [1].

При проведенні технічного обслуговування та ремонту машинно-тракторного парку необхідне дотримання екологічних вимог. Ці вимоги можна реалізувати на підставі впровадження та більш ефективного використання природоохоронних заходів, серед яких важливе місце посідають заходи щодо попередження забруднення повітря, оскільки будь-яке порушення чистоти повітря в робочому приміщенні впливає на стан здоров'я працівників [2, 3].

Надзвичайно важливою особливістю з точки зору забруднення повітря є те, що максимальні концентрації шкідливих речовин існують у безпосередній близькості від місця їхнього виникнення.

Викиди в повітря при проведенні технічного обслуговування несприятливо впливають, перш за все, на людину та на навколишнє природне середовище, а найбільш важкі форми прояву спостерігаються в приміщеннях для проведення технічного обслуговування та прилеглих до них територіях. Саме тут виникають найбільш високі концентрації шкідливих речовин в повітрі, котрі перевищують гранично допустимі концентрації в 2 – 5, а нерідко і в більше разів, і саме в цих приміщеннях акумулюється їхня основна маса.

Суттєвий вплив на рівень забруднення повітря на робочих місцях при проведенні технологічного обслуговування надають працюючі двигуни при проведенні діагностики.

Систематична або періодична наявність в повітрі шкідливих речовин з концентраціями, що перевищують нормативні величини, призводить до захворювань, навіть ракових, ускладнює перебіг серцево-судинних захворювань, сприяє виникненню та розвитку захворювань дихальної і нервової систем людини. Дослідження показують, що в приміщеннях з порівняно невисоким рівнем забрудненості повітряного середовища частота захворювань органів дихання зростає в 2 та більше разів, а при високому рівні забруднення – 4 – 10 разів [4, 5].

Існує дуже багато заходів відомих на сьогоднішній день, спрямованих на поліпшення екологічної ситуації, що склалася навколо атмосферного повітря (підвищення ефективності діяльності щодо охорони атмосфери за рахунок зміцнення технологічної дисципліни при виробництві с.г. продукції; розробка стандартів якості атмосферного повітря, узгоджених з міжнародною системою стандартів; розробка технологічних нормативів на основі забруднюючих речовин з урахуванням можливостей новітніх технологій та ін.), але на наш погляд слід звернути увагу (особливо при виробництві с.г. продукції) саме до системного вирішення транспортної екологічної проблеми, зокрема – складання науково обґрунтованих графіків основних транспортних переміщень, узгоджених з розробленими транспортними ланками, які входять до різних технологічних операцій.

Методика складання графіків основних транспортних переміщень, представляє собою послідовність дій, спрямованих на мінімізацію забруднення атмосферного фону і оптимізацію виробничих процесів.

По-перше, необхідно скласти класифікаційну таблицю основних пересувних засобів с.г. виробництва в залежності від: