

Технические науки

Тойгамбаев С.К.

Технологический процесс восстановления автомобильного бура

Тойгамбаев Серик Кокибаевич – кандидат технических наук, профессор, кафедра «Тракторы и автомобили», факультет «Процессы и машины в агробизнесе», РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия.
E-mail: kokibaewich@yandex.ru

Аннотация

В условиях рыночных отношений между агропредприятиями, когда новые детали, особенно быстроизнашиваемые, становятся дорогостоящими, ремонт и восстановление деталей машин приобретают все большую актуальность. Одним из быстроизнашиваемых деталей является буровой инструмент автомобильных установок. К износу бурильного резца и самого забурника приводят условия его работы в агрессивной абразивной среде, вследствие этого интенсивность износа возрастает в разы. Предприятия затрачивает на покупку новых буров финансовые средства, отражающиеся в свою очередь на бюджете организации. В статье рассмотрены методы восстановления изношенного бурового инструмента в условиях предприятия и предлагается методика расчета ремонта режущей части бура.

Ключевые слова

Восстановление; износ; дефект; бур; эксплуатация.

Каждая деталь имеет одну или несколько рабочих поверхностей. При этом условия работы каждой поверхности различны, а, следовательно, и скорости их изнашивания отличаются друг от друга. Таким образом, каждую деталь можно рассматривать как совокупность поверхностей, каждая из которых имеет свои дефекты. И хотя появление каждого дефекта можно рассматривать как случайное событие, при статистической обработке значительного объема информации об износах различных поверхностей деталей устанавливается достаточно стабильная величина повторяемости дефектов каждой поверхности. На основании технологических характеристик способов восстановления, устанавливаются возможные способы восстановления различных поверхностей детали по технологическому критерию. Известно, что изношенные поверхности бурового инструмента могут быть восстановлены, как правило, несколькими

способами. Для обеспечения наилучших экономических показателей в каждом конкретном случае необходимо выбрать наиболее рациональный способ восстановления.

Так при восстановлении бурового инструмента используем следующие виды восстановления:

- для забурника бурового инструмента – железнение, ручная наплавка, газопламенное напыление;
- для лопастей бурового инструмента – наплавка в среде углекислого газа, ручная наплавка, вибродуговая наплавка.

Выбор рационального способа восстановления зависит от конструктивно-технологических особенностей деталей (формы и размера, материала и термообработки, поверхностной твердости и шероховатости), от условий ее работы (характер нагрузки, род и вид трения) и величины износа, а также стоимости восстановления. Для учета всех этих факторов рекомендуется последовательно пользоваться тремя критериями:

- технологическим критерием или критерием применимости;
- критерием долговечности;
- технико-экономическим критерием (отношением себестоимости восстановления к коэффициенту долговечности).

Технологический критерий (критерий применимости) учитывает, с одной стороны, особенности подлежащих восстановлению поверхностей деталей, а с другой – технологические возможности соответствующих способов восстановления. Принципиальная возможность применения наиболее распространенных методов восстановления, приведена в табл. 1.

Расшифровка способов восстановления: НУГ – наплавка в среде углекислого газа, ВДН – вибродуговая наплавка, НСФ – наплавка под слоем флюса, ДМ – дуговая металлизация, ГН – газопламенное напыление, Х-хромирование электролитическое, Ж–железнение электролитическое, КП – контактная наплавка, РН – ручная наплавка.

Табл. 1. Технологическая характеристика способов восстановления

Наименование характеристики	НУГ	ВДН	СФ	ДМ	ГН	Х	Ж	КП	РН
Виды материалов и сплавов, по отношению к которым применим способ	Сталь	Сталь, ковкий и серый чугун	Сталь	Все материалы	Все материалы	Сталь	Сталь серый чугун	Все материалы	Все материалы
Виды поверхностей, по отношению к которым применим данный способ	Наружные цилиндрические, Плоские				Наружные и внутренние цилиндрические				Наружные и внутренние цилиндрические, плоскости
Минимальный наружный диаметр поверхности, мм	15	15	35	30	30	5	12	10	10
Минимальный внутренний диаметр поверхности, мм		50	-	-	-	40	40	60	40
Минимальная толщина наносимого покрытия, мм	0,5	0,5	1,5	0,3	0,3	0,05	0,1	0,1	0,1
Максимальная толщина наносимого покрытия, мм	3,5	3,0	5,0	8,0	1,5	0,3	0,3	0,5	6,0

После отбора способов, которые могут быть применены для восстановления той или иной изношенной поверхности бурового инструмента, исходя из технологических соображений, отбирают те из них, которые обеспечивают наибольший последующий межремонтный ресурс этих поверхностей, т.е. удовлетворяют требуемому значению коэффициента долговечности K_d . Коэффициент долговечности K_d в общем случае является функцией трех других коэффициентов:

$$K_d = f(K_{и}, K_{в}, K_{сц}), \quad (1)$$

где $K_{и}$ - коэффициент износостойкости, $K_{в}$ - коэффициент выносливости, $K_{сц}$ - коэффициент сцепляемости.

Базовым автомобилем БКМ-317 является автомобиль ГАЗ-3308 с двигателем ЗМЗ 513, имеющим следующие характеристики при бурении.

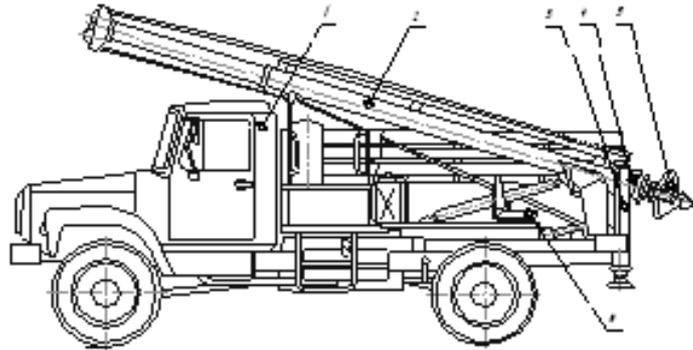


Рисунок 1 – Базовый автомобиль с буровой установкой

На рис.2 представлен базовый автомобиль с оборудованием. 1- базовый автомобиль, 2- бурильно-крюкове оборудование, 3-гидравлическая система, 4- электрооборудование, 5-буровой инструмент.

Таблица 2 – Характеристики двигателя ЗМЗ 513

$N_{\text{ендв}}, \text{кВт}$	$n_{\text{ендв}}, \text{мин}^{-1}$	$M_{\text{ендв}}, \text{Н} \cdot \text{м}$
21,5	2500	82

Ниже на рисунке 2 приведена принципиальная кинематическая схема привода бурового инструмента и кранового оборудования:

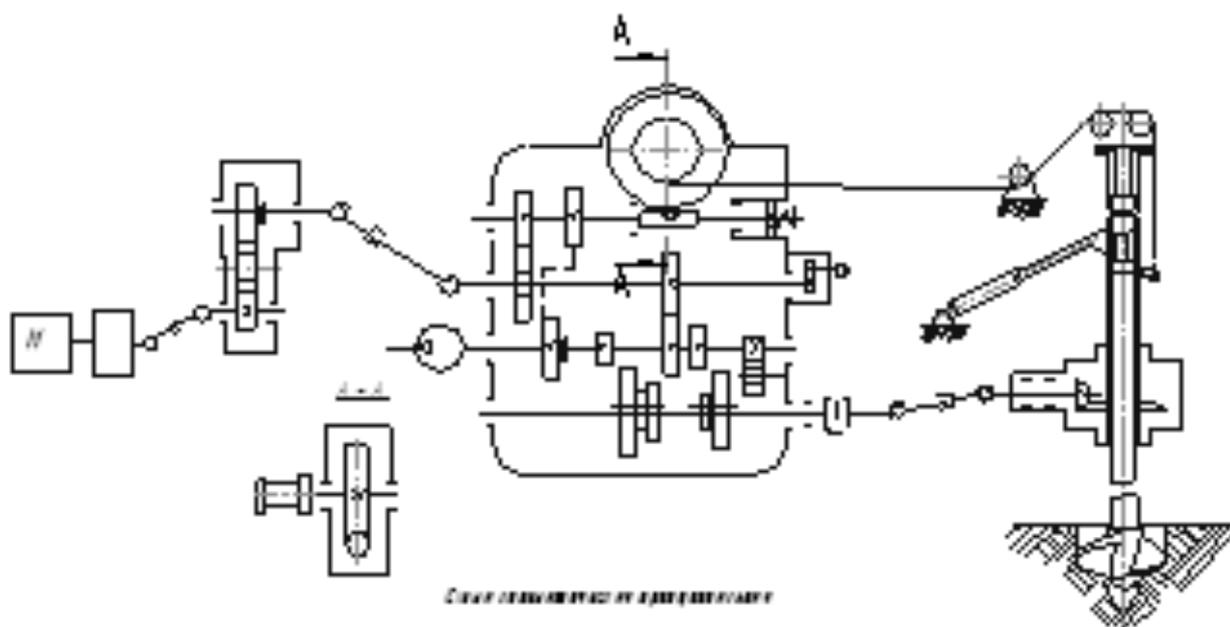


Рисунок 2 – Кинематическая схема привода бурового инструмента и кранового оборудования

Численные значения коэффициентов-аргументов определяются на основании стендовых и эксплуатационных испытаний новых и восстановленных деталей.

Коэффициент долговечности K_d численно принимается равным значению того коэффициента, который имеет наименьшую величину.

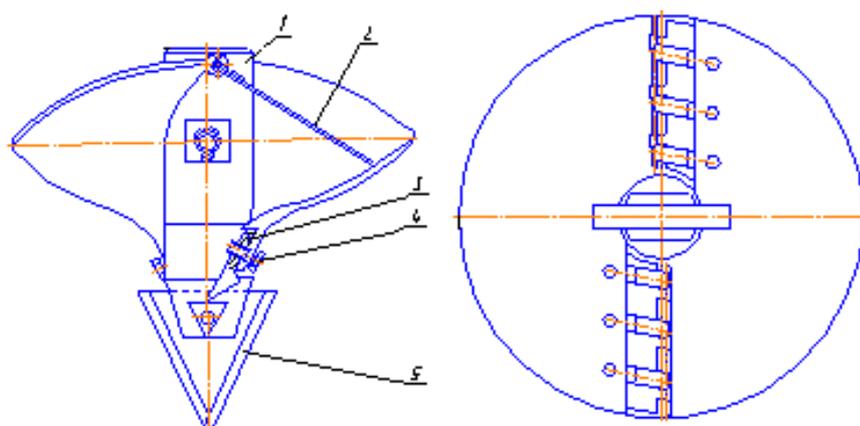


Рисунок 3 – Бур, где 1-корпус бура, 2- заслонки, 3- бурильный резец, 4- болт, 5- забурник

Таблица 3 – Количество зубьев на передачах

z_1	z_3	z_5	z_7
29	27	13	14
z_2	z_4	z_6	z_8
38	20	36	63

При выборе способов восстановления применительно к деталям, не испытывающим в процессе работы значительных динамических и знакопеременных нагрузок, численное значение коэффициента долговечности определяется только численным значением коэффициента износостойкости.

Лопasti бурового инструмента: наплавка в среде углекислого газа $K_d = 0,85$, ручная наплавка $K_d = 0,8$, вибродуговая наплавка $K_d = 0,62$.

Забурник бурового инструмента: железнение $K_d = 0,7$, ручная наплавка $K_d = 0,8$, газопламенное напыление $K_d = 0,45$.

Если установлено, что требуемому значению коэффициента долговечности для данной поверхности детали удовлетворяют два или несколько способов восстановления, выбор из них оптимального проводится по технико-экономическому показателю, численно-равному отношению себестоимости восстановления к коэффициенту долговечности для этих способов. Окончательному выбору подлежит тот способ, который обеспечивает минимальное значение этого отношения:

$$\frac{C_B}{K_d} \rightarrow \min \quad (2),$$

где K_d – коэффициент долговечности восстановленной поверхности; C_B – себестоимость восстановления соответствующей поверхности, руб.

При обосновании способов восстановления поверхностей значение себестоимости восстановления C_B определяется из выражения:

$$C_B = C_y \times S, \text{ руб.}, \quad (3)$$

где C_y — удельная себестоимость восстановления, руб./дм²; S — площадь восстанавливаемой поверхности, дм².

Лопастей бурового инструмента: наплавка в среде углекислого газа $C_y = 7$, ручная наплавка $C_y = 5$, вибродуговая наплавка $C_y = 9$.

Забурник бурового инструмента: железнение $C_y = 3$, ручная наплавка $C_y = 5$, газопламенное напыление $C_y = 10$.

Необходимо определить площадь восстанавливаемой поверхности:

1. Износ лопастей бурового инструмента

$$D = 0,5\text{м}: S_1 = L \cdot h = 15 \cdot 0,1 = 1,5\text{дм}^2 \quad (4)$$

2. Износ забурника:

$$S_2 = L \cdot h = 0,2 \cdot 0,1 = 0,02\text{дм}^2 \quad (5)$$

С точки зрения организации производства, чем меньшее количество способов используется для восстановления различных изнашиваемых поверхностей детали, тем меньше требуется видов оборудования, выше его загрузка, а следовательно и выше эффективность производства. В связи с этим для окончательного решения вопроса о способах восстановления изношенных поверхностей бурового инструмента в целом, производится перебор различных сочетаний способов. Перебор начинают с минимального числа способов, а за основной принимают способ, являющийся оптимальным для наиболее изнашиваемой поверхности, т.е. поверхности, коэффициент повторяемости дефекта у которой максимальный. Если данный способ применим по техническому критерию ко всем изнашиваемым поверхностям и обеспечивает коэффициенты долговечности этих поверхностей не ниже 0,8 ($K_d \geq 0,8$), определяют себестоимость восстановления бурового инструмента в целом, если бы все поверхности восстанавливали этим способом. Если деталь нельзя восстановить одним способом, используют второй способ, являющийся оптимальным для следующей по изнашиваемости поверхности и так далее. Заканчивается анализ определением минимального значения отношения себестоимости восстановления детали оптимальным для каждой ее изнашиваемой поверхности способом к коэффициенту долговечности

$$\frac{C_{ВДj}}{K_{ДВj}} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{уip} \cdot S_i}{K_{ДВj}} \rightarrow \min \quad (6)$$

где $C_{ВДj}$ - себестоимость восстановления изношенных поверхностей детали j -м сочетанием способов, руб.; $C_{уip}$ - удельная себестоимость восстановления i -ой поверхности p -м способом, руб/дм²; S_i - площадь i -й восстанавливаемой поверхности, дм²; $K_{ДВj}$ - коэффициент долговечности детали, восстановленной j -м сочетанием способов; n - количество изнашиваемых поверхностей (дефектов).

$$K_{ДВj} = \frac{\sum K_i \cdot K_{Дij}}{\sum K_i} \quad (7)$$

где K_i - коэффициент повторяемости i -го дефекта, $K_{Дij}$ - коэффициент долговечности i -й поверхности, восстановленной p -м способом.

а) Себестоимость восстановления определяется:

$$C_{ВДj} = \sum_{i=1}^n C_{уip} \cdot S_i \quad (8)$$

б) Определяем отношение себестоимости восстановления к коэффициенту долговечности:

$$\frac{C_{ВД1}}{K_{ДВ1}}; \quad (8.1)$$

Таблица 4 – Техничко-экономические показатели восстановления бурового инструмента

№ П / п	Наименование дефекта	K_i	Характерный способа восстановления	Шифр способа	K_d	C_y	S	C_E / K_d
1	Повреждение лопасти бурового инструмента	0,5	Наплавка в среде углекислого газа	1А	0,85	7	1,5	12,4
			Ручная наплавка	2А	0,8	5	1,5	9,4
			Вибродуговая наплавка	3А	0,62	9	1,5	21,8
2	Повреждение забурника	0,5	Железнение	1Б	0,7	3	0,2	0,86
			Ручная наплавка	2Б	0,8	5	0,2	0,125
			Газопламенное напыление	3Б	0,45	10	0,2	0,44

в) Разрабатывается маршрут восстановления.



Рисунок 3 – Маршрутная карта восстановления

Также определяем основные величины необходимые для нахождения действующих напряжений во вращателе БКМ 317.

Находим мощность на рабочем инструменте:

$$N_{ep-инстр} = N_{ендв} \cdot \eta_{общ} \quad (9)$$

$$\eta_{общ} = \eta_{подш}^8 \cdot \eta_{цп}^4 \cdot \eta_{к}^2 \cdot \eta_{кон.пер.} \quad (10)$$

Находим передаточное число на шестерне вращателя:

$$i_{шес} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_6}{z_5} \cdot \frac{z_8}{z_7} \quad (11)$$

Тогда передаточное число на колесе будет равным:

$$i_{кол} = i_{шес} \cdot \frac{z_8}{z_7} \quad (12)$$

Определяем передаточное число вращателя:

$$u = \frac{z_8}{z_7} \quad (13)$$

Момент на рабочем инструменте по статистическим данным не превышает: $1000 \text{ Н} \cdot \text{м}$ тогда;

$$T_{шес} = \frac{T_{инстр}}{u} \quad (14)$$

Частота на рабочем инструменте равна:

$$n_{инстр} = \frac{9550 \cdot N_{ep-инстр}}{M_{инстр}} \quad (15)$$

Делительные диаметры шестерни: $d_{e1} = 67 \text{ мм}$, диаметр колеса:
 $d_{e2} = 302 \text{ мм}$:

Внешний модуль: $m_e = \frac{d_{e2}}{z_2}$ (16);

Высота зуба $h_e, \text{ мм}$: $h_e = 2,2 \cdot m_e$; (17)

Внешнее конусное расстояние $R_e, \text{ мм}$:

$$R_e = 0,5m_e \sqrt{z_1^2 + z_2^2} \quad (18)$$

Определяем ширину зубчатого венца $b, \text{ мм}$:

$$b = R_e \cdot \psi_{bRe} \quad (19)$$

Определяем углы делительных диаметров:

$$\delta_2 = \arctg u \quad ; \quad \delta_1 = 90^\circ - \delta_2^\circ \quad (20)$$

Определяем средний делительный диаметр шестерни $d_{m1}, \text{ мм}$:

$$d_{m1} = 2(R_e - 0,5 \cdot b) \sin \delta_1 \quad (21)$$

Определяется средний модуль $m_m, \text{ мм}$:

$$m_m = \frac{d_{m1}}{z_1} \quad (22)$$

Определяем коэффициент ширины зубчатого венца относительно среднего диаметра:

$$\psi_{bd} = \frac{b}{d_{m1}} \quad (23)$$

Определяем окружную скорость:

$$V = \frac{\pi \cdot d_{m1} \cdot n_1}{60 \cdot 1000} \quad (24)$$

Необходимо определить значения напряжений действующих во вращателе. Подбираем материал и вид термической обработки шестерни и колеса.

Определяем действующие контактные напряжения $\sigma_H, \text{ МПа}$:

$$\sigma_H = \frac{z_H z_M}{d_{m1}} \sqrt{\frac{T_1 10^3 K_{H\beta} K_{HV} \sqrt{u^2 + 1}}{0,85 b u}}; \text{МПа} \quad (25).$$

Проверка условий: $\sigma_H \leq |\sigma_H|$

Применяем для изготовления шестерни и колеса вращателя сталь 45Х с термообработкой – объемная закалка (HRC=55).

Определяем предел контактной выносливости:

$$\sigma_{H\text{lim}} = 18\text{HRC} + 150; \text{МПа} \quad (26)$$

Определяем допускаемые контактные напряжения:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{H\text{lim}} \cdot K_{H\text{lim}}}{S_H}; \text{МПа} \quad (27),$$

Проверяем прочность зубьев по напряжениям изгиба:

$$\sigma_F = Y_F K_{F\beta} K_{FV} \frac{2 \cdot T_1 \cdot 10^3}{0,85 z_1^2 m^3 \psi_{bd}}; \text{МПа} \quad (28)$$

Проверяется условие: $\sigma_F \leq |\sigma_F|$

При объемной закалке предел выносливости на изгиб равен:

$$\sigma_{F\text{lim}} = 550 \text{МПа}$$

Допускаемые напряжения изгиба определяется формулой:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F\text{lim}} \cdot K_{FL}}{S_F}; \text{МПа} \quad (29)$$

Силы действующие в зацеплении:

- окружная; $F_{t1} = |F_{t2}| = \frac{2 \cdot T_1 \cdot 10^3}{d_{m1}}; \text{Н} \quad (30)$

- радиальная шестерни и осевая колеса:

$$F_{r1} = |F_{a2}| = F_t \cdot \text{tg} \alpha \cdot \cos \delta_1; \text{кН} \quad (31)$$

- осевая шестерни и радиальная колеса:

$$F_{a1} = |F_{r2}| = F_t \cdot \text{tg} \alpha \cdot \sin \delta_1; \text{кН} \quad (32)$$

Выбранный метод восстановления рабочих поверхностей бурового инструмента, является более рациональным в отличии от других применяемых методов ремонта данных деталей.

Выводы. На предприятиях эксплуатируются бурильно-крановые машины разного класса применения. Одним из проблем является частый износ бурильного инструмента. Проведенные расчеты показывают, что используя несложное технологическое оборудование можно восстанавливать изнашиваемые поверхности бура с повышением её стойкости и прочности. В результате сравнительных стендовых и эксплуатационных испытаний новых и восстановленных деталей выявлено, что эти показатели долговечности деталей у восстановленных буровых инструментов возрастают в среднем на 7-10% по сравнению с новыми.

Список литературы

1. *Анурьев А.В.* Справочник конструктора машиностроителя: в 3-х т.т. Т.1,Т.2,Т.3. 8-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2001.
2. *Аскинази Б.М.* Упрочнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1989. 200 с.
3. Руководство по эксплуатации «Машина бурильно-крановая БKM-317». М.: ОАО «Стройдормаш», 2005. 66 с.
4. Каталог деталей «Машина бурильно-крановая БKM–317». М.: ОАО «Стройдормаш», 2005. 50 с.
5. *Тойгамбаев С.К., Шнырев А.П., Мынжасаров Р.И.* Надежность технологических машин. М.: МГУП, 2008. 194 с.
6. *Тойгамбаев С.К.* Применение инструментальных материалов при резании металлов. М.: МГУП, 2007. 206 с.