

Заключение

1. Анализ состояния вопроса показал, что наиболее трудоемкими операциями в садоводстве являются уборка плодов и обрезка деревьев, которые в настоящее время в республике не механизированы.

2. Существующий способ механизированной уборки плодов семечковых и косточковых культур с применением уборочных комбайнов вибрационного принципа действия непригоден для уборки плодов, предназначенных для длительного хранения, так как приводит к значительному повреждению плодов (более 30 %).

3. Для реализации технологического процесса уборки и механизированной обрезки крон деревьев необходим самоходный агрегат, оборудованный рабочими местами для сборщиков, устройством подъема и опускания рабочих площадок, перемещения их в горизонтальной плоскости, с возможностью механизированной погрузки пустых контейнеров, выгрузки заполненных, а также имеющий транспортеры для доставки собранных плодов в контейнеры.

09.09.13

Литература

1. Государственная комплексная программа развития картофелеводства, овощеводства и плодородства в 2011–2015 годах: офиц. изд. – Минск, 2012.
2. Самусь, В.А. Система сельскохозяйственных машин и орудий для механизации работ в плодородстве / В.А. Самусь, А.М. Криворот, В.А. Мычко; РУП «Институт плодородства». – Минск, 2010. – 37 с.
3. Самощенко, Е.Г. Плодородство: учебник для нач. проф. образования / Е.Г. Самощенко, И.А. Пашкина. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с.

УДК 631.3.02.004.67

В.П. Иванов, А.П. Кастрюк

(УО «Полоцкий государственный университет»,
г. Новополоцк, Республика Беларусь)

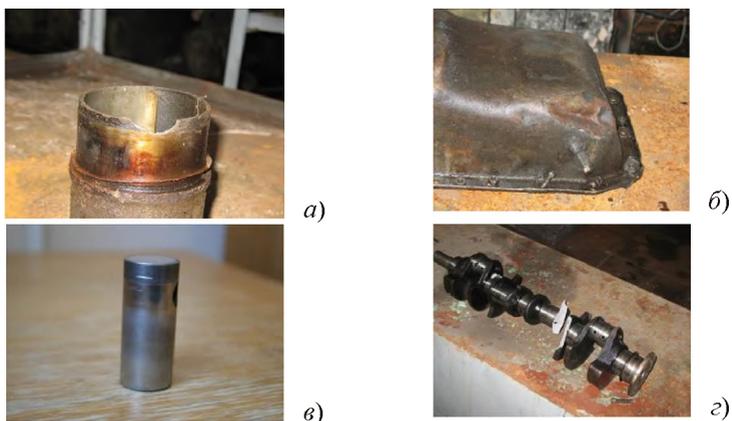
E-mail: ivprem@tut.by

**СОХРАННОСТЬ
ДЕТАЛЕЙ
ПРИ РАЗБОРКЕ
АГРЕГАТОВ**

Введение

Напряженно-деформационное состояние материала деталей и необходимые усилия и моменты в процессах сборки соединений исследованы обстоятельно. При разборочных процессах эти вопросы и характеристики изучены недостаточно, а сохранность деталей при разборке агрегатов не исследовалась.

Трудноустраняемые и неустраняемые повреждения деталей при разборке проявляются в виде обломов, сколов, заусенцев на обработанных поверхностях, деформаций и разрушения элементов (рисунок 117, таблица 35). Такие повреждения увеличивают расход запасных частей до 15 % и объем восстановительных работ – до 20 % [1].



а) скол на центрирующем пояске гильзы; б) вмятина на листовой штампованной детали; в) заусенец на поверхности толкателя; г) изломанный коленчатый вал

Рисунок 117 – Повреждения деталей при разборке двигателей

Таблица 35 – Повреждения деталей во время разборки, причины и меры по их устранению

Повреждения	Детали, элементы	Причины	Меры по устранению
Обломы	Фланцы корпусных деталей Приливы генераторов	Перемещение без тары	Использование специальной тары
		Небрежная ручная перегрузка	Наведение порядка на операции перегрузки изделий
Сколы	Гильзы цилиндров Обоймы подшипников	Ударная ручная разборка	Использование оправок. Использование механических съемников
Заусенцы, вмятины	Поверхности толкателей	Перекас осей деталей соединения разборочным усилием	Приложение разборочного усилия инструментом вдоль оси соединения
	Поверхности отверстий под толкатели	Ударная ручная разборка	Использование механических средств
Деформации	Головки цилиндров Крышки из листового металла	Приложение больших разборочных усилий к деталям из-за образования вторичных структур и накипи в зазорах деталей и приклеивания прокладок	Использование материалов и воздействий, уменьшающих адгезионные связи между материалами. Использование механических съемников
Разрушение	Резьбы	Адгезионное схватывание материалов	Использование материалов и воздействий, уменьшающих адгезионные связи между материалами

Изломы приливов и фланцев под крепежные отверстия (например, в корпусе генератора) могут наблюдаться у 50 % деталей. Случаи деформирования со следами касания ударного инструмента поверхности детали (головки цилиндров, крышки коренных подшипников и шатунов, штампованные крышки) наблюдаются почти у всех деталей этих видов. Деформация буртиков блока цилиндров под гильзы и сколы участков деталей – следствие приложения ударной нагрузки к этим элементам (например, нижний торец гильзы цилиндра у центрирующего пояса). Изогнутость длинных деталей, забоины на точных поверхностях и заусенцы на рабочих поверхностях отверстий (например, под толкатели клапанов) – результат использования инструментов и приемов, не обеспечивающих приложение разборочных усилий вдоль оси соединений. Разрушение резьбы, особенно в корпусных деталях из алюминиевого сплава, – неотвратимое явление по причине адгезионного схватывания материалов деталей резьбовых соединений.

Постановка задачи

Научный и практический интерес представляют исследования моментов и усилий, необходимых для разборки резьбовых и прессовых соединений после их длительной эксплуатации. При общей и узловой разборке, например, двигателя ЗМЗ-53 разъединяют около 700 резьбовых и 50 прессовых соединений. Сведения о фактических моментах и усилиях, связанных с разборкой соединений, необходимы как для выбора мощности силовых разборочных механизмов, так и для принятия мер к соединениям, для разборки которых требуются моменты или усилия, превышающие допустимые.

Основная часть

Резьбовые соединения крепления головок цилиндров, крышек шатунов и коренных подшипников в количестве 108 единиц при сборке были затянуты нормированным моментом с погрешностью 8–15 %. Момент затяжки остальных соединений ограничен прочностью деталей.

Для выявления закономерностей рассеяния значений моментов отворачивания одноименных резьбовых деталей исследовалось распределение моментов отворачивания гаек крепления головки цилиндров двигателя ЗМЗ-53. Размер резьбы – М11×1, количество гаек на одном двигателе – 36. Моменты отворачивания гаек измерялись с помощью динамометрического ключа ДК-25. Были выделены две группы соединений. Группа I измерения ($n = 1056$) получена на рабочем месте разборки двигателей в зимнее время при температуре воздуха в цехе 12–14°C, группа II измерений ($n = 1278$) – в летнее время при температуре воздуха 20–24°C. Распределения числа резьбовых соединений по значениям момента отворачивания представлены в таблицах 36 и 37 и на рисунке 118.

Таблица 36 – Распределение числа резьбовых соединений (1056 ед.) по значениям момента отворачивания гаек крепления головок цилиндров двигателя ЗМЗ-53 в зимних условиях (температура воздуха в цехе – 12–14 °С)

Момент, Нм	Количество, ед.	Момент, Нм	Количество, ед.	Момент, Нм	Количество, ед.
0	15	70	141	140	0
10	25	80	80	150	0
20	68	90	66	160	0
30	103	100	22	170	0
40	139	110	14	180	0
50	181	120	4	190	0
60	195	130	3		

Таблица 37 – Распределение числа резьбовых соединений (1287 ед.) по значениям момента отворачивания гаек крепления головок цилиндров двигателя ЗМЗ-53 в летних условиях (температура воздуха в цехе 20–24 °С)

Момент, Нм	Количество, ед.	Момент, Нм	Количество, ед.	Момент, Нм	Количество, ед.
0	48	70	135	140	11
10	95	80	120	150	4
20	91	90	107	160	7
30	97	100	75	170	1
40	135	110	56	180	1
50	146	120	17	190	1
60	152	130	24		

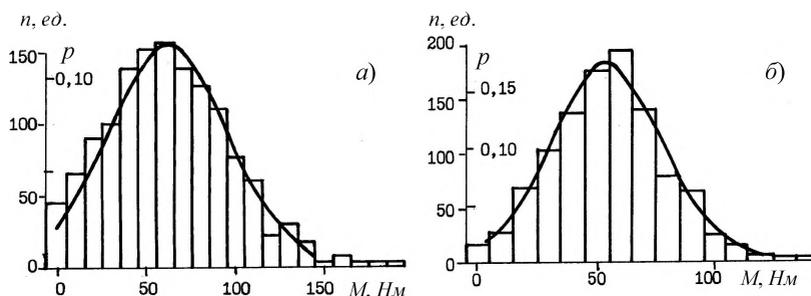


Рисунок 118 – Выборочные n и теоретические p распределения резьбовых соединений «гайка–шпилька» головок цилиндров двигателей ЗМЗ-53 по значениям момента отворачивания в зимних (а) и летних (б) условиях

Момент отворачивания гаек M изменяется от 0 до 190 Нм (значение момента затяжки гаек при сборке установлено 68–75 Нм). Математические ожидания момента отворачивания \bar{M} со стандартной ошибкой их

определения следующие: для группы I $\bar{M}_1 = 54,76 \pm 0,76$ Нм, для группы II $\bar{M}_2 = 60,95 \pm 0,93$ Нм. Средние квадратические отклонения σ (Нм) со стандартными ошибками их определения составляли $\sigma_1 = 23,18 \pm \pm 0,50$ Нм и $\sigma_2 = 33,35 \pm 0,66$ Нм. Плотности вероятностей p выражались через средние величины:

для измерений группы I

$$p = 0,172 \exp [-0,00093(M - 54,76)^2];$$

для измерений группы II

$$p = 0,119 \exp [-0,00045(M - 60,95)^2],$$

где M – текущее значение момента отворачивания гаек, Нм.

Координаты доверительного интервала, включающего с заданной вероятностью $p = 1 - q$ (где $q = 0,05$ – уровень значимости) значения моментов отворачивания гаек, определяли по закону Стьюдента:

$$p = \left(M < \bar{M} + t_{(q; k-1)} \sigma \right) = \frac{1-q}{2},$$

где $t_{(q; k-1)}$ – критерий Стьюдента.

Если $p = 99,5$ %, то $t_{[0,5; 1054 (1276)]} = 2,81$.

Тогда граничные значения моментов \bar{M}_1 и \bar{M}_2 равны:

$$M_1 < \bar{M}_1 + 2,81\sigma_1 = 54,76 + 2,81 \times 23,18 = 119,90 \text{ Нм};$$

$$M_2 < \bar{M}_2 + 2,81\sigma_2 = 60,95 + 2,81 \times 33,35 = 154,66 \text{ Нм},$$

что подтверждается экспериментальными данными.

Таким образом, средние значения моментов отворачивания гаек не превосходят нормированного значения момента их затяжки, а число гаек, момент отворачивания которых вдвое превосходит тарированный момент затяжки, не превышает 0,25 %.

Средний момент отворачивания гаек летом превосходит на 11,5 % соответствующий момент в зимних условиях, что объясняется более качественным обслуживанием двигателей в хозяйствах в летнее время.

Экспериментально исследовались как усилия сборки и разборки прессового соединения, так и рассеяние их значений на примере установки и снятия шестерни коленчатого вала двигателя ЗМЗ-53. Усилия сборки прессовых соединений, как правило, не регламентированы. Номинальный диаметр и длина соединения – 40 и 28 мм, наибольший натяг – 27 мкм. Материалы коленчатого вала и шестерни – соответственно ВЧ50 и 40Х. При названных условиях усилие запрессовывания шестерни, рассчитанное по формуле Ляме, составляет 20,31 кН.

Средние значения сил запрессовывания и выпрессовывания со стандартными ошибками их определения составляли $P_3 = 25,46 \pm 0,10$ кН и $P_в = 30,85 \pm 0,16$ кН соответственно (таблицы 38 и 39, рисунок 119). Работа выпрессовывания A_e (таблица 40) рассчитывалась по формуле:

$$A_g = \frac{P_6 l_c}{2}, \text{ Нм,}$$

где l_c – длина соединения, м.

Таблица 38 – Распределения прессовых соединений по усилию запрессовывания

Усилие P_3 , кН	Количество, ед.	Усилие P_3 , кН	Количество, ед.
18–19	2	25–26	121
19–20	10	26–27	94
20–21	18	27–28	72
21–22	26	28–29	45
22–23	45	29–30	16
23–24	73	30–31	8
24–25	86	32–33	1

Таблица 39 – Распределение прессовых соединений по усилию выпрессовывания

Усилие $P_в$, кН	22–24	24–26	26–28	28–30	30–32	32–34	34–36	36–38	38–40
Количество, ед.	8	9	41	89	105	61	43	12	5

Таблица 40 – Распределение прессовых соединений по работе выпрессовывания

Работа, Дж	3	5,5	12,5	29	69	70	94	246	284	358
Количество, ед.	8	5	8	1	1	5	1	1	1	16

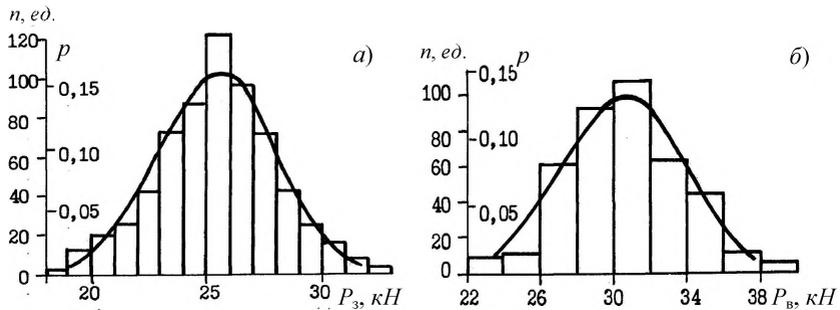


Рисунок 119 – Выборочные n и теоретические p распределения прессовых соединений «распределительная шестерня–шейка коленчатого вала» двигателей ЗМЗ-53 по значениям силы запрессовывания P_3 (а) и выпрессовывания $P_в$ (б)

Средние квадратические отклонения со стандартными погрешностями составляли: для силы запрессовывания – $\sigma_3 = 2,51 \pm 0,07$ кН, для силы выпрессовывания – $\sigma_в = 3,07 \pm 0,11$ кН.

Плотности вероятности p через средние величины выражались зависимостями:

для силы запрессовывания $p = 0,159 \exp [-0,0796(P_3 - 25,46)^2]$;

для силы выпрессовывания $p = 0,130 \exp [-0,0528(P_в - 30,85)^2]$.

Среднее значение $P_в$ превышает среднее значение P_3 в 1,21 раза, а среднее квадратическое отклонение силы выпрессовывания превышает аналогичную характеристику силы запрессовывания в 1,24 раза.

Верхнюю границу доверительного интервала, заключающего с заданной вероятностью $p = 1 - q$ значения сил P_3 и $P_в$, определяли по формуле:

$$p = \left(P < \bar{P} + t_{(q,k-1)} \sigma \right) = \frac{1-q}{2},$$

где P – сборочное усилие;

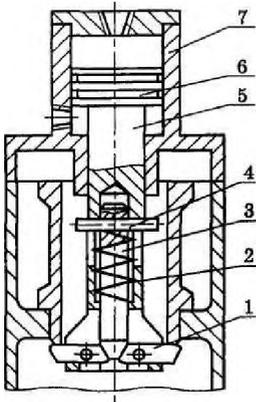
\bar{P} – среднее значение сборочного усилия.

При $p = 99\%$ и числе степеней свободы 8 $t_{(1;8)} = 3,355$, а при $p = 99\%$ и числе степеней свободы 14 $t_{(1;14)} = 2,977$, тогда $P_3 < 25,46 + 2,977 \times 2,51 = 32,93$ кН, а $P_в < 30,85 + 3,355 \times 3,07 = 41,14$ кН. Таким образом, граничное значение сборочного усилия P_3 превышает в 1,62 раза расчетное сборочное усилие $P_{3,p} = 20,31$ кН, а граничное значение разборочного усилия $P_в$ превышает его в 2,03 раза.

При превышении моментов и усилий разборки необходимо принимать технологические меры по уменьшению сил адгезии между соприкасающимися поверхностями.

Альтернативу ручной ударной разборке представляет использование механических съемников с гидро- или пневмоприводом для гильз, ступиц, зубчатых колес, подшипников качения, головок цилиндров и др. В качестве исполнительных механизмов при усилиях разборки 1–5 кН целесообразно применять пневматические цилиндры диаметром до 250 мм с питанием их сжатым воздухом под давлением 0,4–0,6 МПа от заводской компрессорной. При больших усилиях разборки (до 200 кН) следует использовать гидроприводы с диаметром цилиндров 63–125 мм с подачей масла под давлением 10–25 МПа цеховыми гидростанциями [2].

В качестве примера одного из технических решений, полученного в результате выполнения работы, на рисунке 120 показаны съемник гильзы цилиндра двигателя ЗМЗ-53, содержащий гидроцилиндр 7 диаметром 100 мм с заплечиками, которыми он устанавливается на стенки блока цилиндров, и поршень 6 со штоком 5. На штоке соосно ему установлен клин 3 со штифтом 4. Клин нагружен пружиной 2, которая стремится поднять его. В нижней части штока на осях установлены захваты 1 для гильзы. Съемник потребляет потенциальную энергию масла под давлением 10 МПа, подаваемого от гидравлической станции.



- 1 – захват; 2 – пружина; 3 – клин;
4 – штифт; 5 – шток; 6 – поршень;
7 – гидроцилиндр

Рисунок 120 – Гидравлический съёмник гильзы цилиндра

При подаче масла под давлением в полость цилиндра 7 над поршнем 6 последний движется вниз. Пружина 2 поднимает клин до упора штифтом 4 в стенку штока, при этом усилие от клина на захваты не передается.

Съёмник вводят в отверстие гильзы цилиндра, при этом захваты 1, поворачиваясь на своих осях, этому не препятствуют. Когда цилиндр 7 своими заплечками касается блока цилиндров, захваты 1 под действием собственного веса располагаются горизонтально и касаются площадок штока.

Затем подают масло под давлением в полость цилиндра под поршнем. Сила давления от поршня 6 передается через захваты 1 к снимаемой гильзе. Штифт 4 клина после извлечения гильзы из блока

упирается в стенку штока. Остановившийся клин 3 действует на захваты 1, внешние концы которых, поднимаясь, перемещаются к центру и освобождают гильзу. Съёмник установлен на пружинной подвеске.

Организационные меры по предохранению деталей от разрушения при разборке агрегата состоят в их учете и внедрении системы оплаты труда не за количество разобранных агрегатов, а за количество сданных на рабочие места сортировки неразрушенных (главным образом, ресурсных) деталей.

Технологические меры сохранности деталей при узловой разборке соединений связаны с созданием специализированных стендов для снятия деталей (гильз цилиндров, ступиц, зубчатых колес, подшипников, головок цилиндров и др.) при узловой разборке изделий. Стенды включают механические приводы для приложения статической нагрузки, распределенной на большой площади снимаемых деталей. Затраты на создание стендов и их функционирование не должны превышать затрат, связанных с устранением повреждений, возникающих при ручной ударной разборке, т.е.

$$\frac{Z_{cm}}{n_s N} + C_m \leq Z_{y.n}, \quad (1)$$

где Z_{cm} – затраты на создание стенда, руб.;

n_s – срок службы стенда, лет;

N – годовой объем разборки, год⁻¹;

C_m – технологическая себестоимость работ, связанных с эксплуатацией стенда, руб.;

$З_{y.n}$ – затраты на устранение повреждения детали от ручной ударной разборки изделия.

В развернутом виде выражение (1) может быть представлено таким образом:

$$\frac{M_{u.cm} + 3\Pi_{u.cm} + \mathcal{E}_{u.cm}}{n_3 N} + C_m \leq M_{y.n} + 3\Pi_{y.n} + \mathcal{E}_{y.n} + 3_{m.o},$$

где $M_{u.cm}$, $3\Pi_{u.cm}$ и $\mathcal{E}_{u.cm}$ – стоимость материалов, заработная плата и стоимость энергии при изготовлении стенда соответственно, руб.;

$M_{y.n}$, $3\Pi_{y.n}$, $\mathcal{E}_{y.n}$ – стоимость материалов, заработная плата и стоимость энергии на устранение повреждения соответственно, руб.;

$3_{m.o}$ – затраты на функционирование технологического оборудования, используемого при устранении повреждения, руб.

Выводы

Механические стенды и съемники повышают производительность труда в 3–5 раз по сравнению с ручными средствами. Экономический эффект обусловлен уменьшением приобретения или изготовления новых деталей взамен поврежденных или изломанных.

Организационные и технологические меры по предохранению деталей от разрушения при разборке агрегата позволяют уменьшить их повреждения на 20 %.

26.09.13

Литература

1. Иванов, В.П. Сбережение остаточного ресурса деталей и сопряжений / В.П. Иванов // Агропанорама. – 2000. – № 2. – С. 15–18.
2. Коробко, В.И. Технологическое оснащение ремонтного производства / В.И. Коробко, В.П. Иванов, В.И. Семенов. – Минск: Універсітэцкае, 1994. – 140 с.