

#### Список использованных источников

1. Толочко Н.К., Сокол О.В. Аддитивные технологии: проблема ступенчатого рельефа поверхности // Агропанорама. – 2019. – №2. – С. 12–16.
2. China Metal Stamping Tool & Die. [Электронный ресурс] – 2023. – Режим доступа: [https://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/China\\_Metal\\_Stamping\\_Tool\\_%2526\\_Die.html](https://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/China_Metal_Stamping_Tool_%2526_Die.html). – Дата доступа: 11.04.2023.
3. Plastic Injection Molding: A Guide on Using an Epoxy Mold. [Электронный ресурс] – 2023. – Режим доступа: <https://richfieldsplastics.com/blog/epoxy-mold-guide/>. – Дата доступа: 11.04.2023.
4. Globoidal cams. [Электронный ресурс] – 2023. – Режим доступа: <https://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/globoidal-cam-187903.html>. – Дата доступа: 11.04.2023.
5. Косозубая шестерня M=3, Z=20, 19 мм. [Электронный ресурс] – 2023. – Режим доступа: <https://equaline.ru/product/kosozubaya-shesternya-m3-z20-19-mm>. – Дата доступа: 11.04.2023.

УДК 621.436

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ФОРСУНКИ CRIN2 С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Авторы: Д.Д. Попека, студент, А.В. Михолап, студент  
Научный руководитель: В.Е. Тарасенко, канд. техн. наук, доцент  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

В лаборатории технического сервиса топливной аппаратуры и агрегатов гидросистем кафедры технологий и организации технического сервиса БГАТУ выполнен комплекс работ по испытанию форсунки CRIN2 (0445120141) автотракторного дизеля с использованием имеющегося диагностического оборудования.

Состояние форсунки дает основания полагать о значительной наработке до момента ее испытания.

Проведены испытания форсунки на диагностическом стенде на режимах VL, EM, LL, VE, первичный протокол представлен на рисунке 1.

Measure point VL	Заданное давлени	Длительность имп	Импульсов в мин	Подача(см <sup>3</sup> /1000)	Обратный слив(с/п)
	1600	2000	400	216.6 ... 237.6	5.0 ... 80.0
	Result(s)	Injector 1			
Result 1 ×	266.7 / 270.4				

Measure point EM	Заданное давлени	Длительность имп	Импульсов в мин	Подача(см <sup>3</sup> /1000)	Обратный слив(с/п)
	1000	600	1000	23.8 ... 37.0	0.0 ... 0.0
	Result(s)	Injector 1			
Result 1 ×	55.8 / 144.5				

Measure point LL	Заданное давлени	Длительность имп	Импульсов в мин	Подача(см <sup>3</sup> /1000)	Обратный слив(с/п)
	250	1000	1000	5.7 ... 13.9	0.0 ... 0.0
	Result(s)	Injector 1			
Result 1 ×	14.6 / 46.9				

Measure point VE	Заданное давлени	Длительность имп	Импульсов в мин	Подача(см <sup>3</sup> /1000)	Обратный слив(с/п)
	1000	280	1000	0.3 ... 4.1	0.0 ... 0.0
	Result(s)	Injector 1			
Result 1 ×	10.9 / 142.5				

Рисунок 1 – Первичный протокол испытания форсунки 0445120141

На всех режимах отмечены неудовлетворительные значения показателей. На режиме VL значение показателя обратного слива форсунки превышает максимально допустимое на ~340%. Так же на режимах EM и VE превышение составляет ~180%. Это позволяет сделать заключение о высокой наработке управляющего клапана форсунки и износе его рабочих поверхностей. Показания подачи на всех режимах превышают заданное максимальное значение: VL ~ 11%, EM ~ 33,9%, LL ~ 4,8%, VE ~ 37,6%. Очевидным является то, что форсунка утратила свои заводские показатели по причине смещения «воздушного зазора» под электромагнитом.

С помощью измерительного комплекса CRistina (рисунок 2) было выполнено измерение хода якоря (электрическое) рассматриваемой форсунки. При нормативном значении 0,052 мм измеренная величина составила 0,077 мм.



Рисунок 2 – Измерение хода якоря форсунки с помощью электронного индикатора комплекса CRista

При полной разборке форсунки, рассмотрении под микроскопом ОГМЭ-П2 ее составляющих, установлено, что наибольшие повреждения имеют посадочное место шарика управляющего клапана, сам клапан и торцевая поверхность управляющего клапана (мультипликатора).

С использованием притирочного станка SASH MP-250S с самозажимным центробежным патроном путем поступательно-вращательного воздействия металлического притира с притирочной алмазной пастой (на начальном этапе обработки – фракцией 5/3, позднее – 7/5) была обработана (восстановлена) поверхность посадочного места шарика управляющего клапана. Изображение восстановленной поверхности посадочного места шарика управляющего клапана представлено на рисунке 3а. При этом обработанная поверхность приближена к поверхности нового посадочного места шарика клапана (рисунке 3б). Протокол испытания форсунки после данного этапа восстановления посадочного места шарика клапана представлен на рисунке 4.

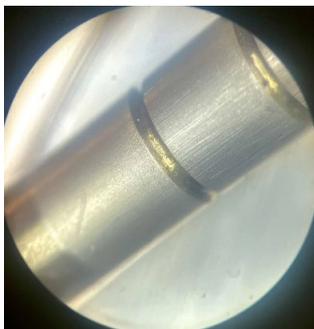


Рисунок 3 – Поверхность восстановленного посадочного места шарика клапана с использованием притирочного станка SASH MP-250 (а) и поверхность нового посадочного места шарика клапана (б)

Measure point VL	Заданное давлени	Длительность имп	Импульсов в мину	Подача(см <sup>3</sup> /1000)	Обратный слив(с/п)
	1600	2000	400	216.6 ... 237.6	5.0 ... 80.0
	Result(s)	Injector 1			
	Result 1 ✗	251.0 / 49.8			
Measure point EM	Заданное давлени	Длительность имп	Импульсов в мину	Подача(см <sup>3</sup> /1000)	Обратный слив(с/п)
	1000	600	1000	23.8 ... 37.0	0.0 ... 0.0
	Result(s)	Injector 1			
	Result 1 ✓	31.1 / 35.4			
Measure point LL	Заданное давлени	Длительность имп	Импульсов в мину	Подача(см <sup>3</sup> /1000)	Обратный слив(с/п)
	250	1000	1000	5.7 ... 13.9	0.0 ... 0.0
	Result(s)	Injector 1			
	Result 1 ✓	8.6 / 14.1			
Measure point VE	Заданное давлени	Длительность имп	Импульсов в мину	Подача(см <sup>3</sup> /1000)	Обратный слив(с/п)
	1000	280	1000	0.3 ... 4.1	0.0 ... 0.0
	Result(s)	Injector 1			
	Result 1 ✓	3.5 / 33.0			

Рисунок 4 – Протокол испытания форсунки после этапа восстановления посадочного места шарика управляющего клапана

В ходе настоящего исследования были выявлены следы значительного абразивного и эрозионного изнашивания торцевой поверхности штока управляющего клапана (мультипликатора). Данный элемент форсунки был заменен новым (рисунки 5а и 5б).



а)



б)

Рисунок 5 – Торцевая поверхность штока управляющего клапана (мультипликатора) со следами изнашивания (а), торцевая поверхность нового штока управляющего клапана (б)

Согласно данным проведенного испытания на стенде при удовлетворительных значениях большинства параметров (рисунок 4) на режиме VL отмечено существенное отклонение от заданных нормативных значений подачи топлива (тестовой жидкости). В виду этого было принято решение о замене распылителя форсунки. На рисунке 6 представлена торцевая поверхность новой иглы распылителя, а на рисунке 7 – нового корпуса распылителя. Итоговый протокол испытания восстановленной форсунки представлен на рисунке 8, согласно которому все контрольные величины соответствуют установленным требованиям.



Рисунок 6 – Торцевая поверхность новой иглы распылителя (пример)



Рисунок 7 – Поверхность нового корпуса распылителя форсунки

Информация о форсунке		Серийные номера форсунок		Bosch IQA/IMA code	
Производитель	Bosch	Injector 1		Нет план кодирования!	
ID форсунки	0445120141				
Injector type	Coil injector				
Testplan type	DLS				

Measure point VL	Заданное давлени	Длительность имп	Импульсов в мину	Подача(см <sup>3</sup> /1000)	Обратный слив(сп
	1600	2000	400	216.6 ... 237.6	5.0 ... 80.0
	Result(s)	Injector 1			
	Result 1 ✘	231.4 / 123.7			

Measure point EM	Заданное давлени	Длительность имп	Импульсов в мину	Подача(см <sup>3</sup> /1000)	Обратный слив(сп
	1000	600	1000	23.8 ... 37.0	0.0 ... 0.0
	Result(s)	Injector 1			
	Result 1 ✔	29.3 / 85.9			

Measure point LL	Заданное давлени	Длительность имп	Импульсов в мину	Подача(см <sup>3</sup> /1000)	Обратный слив(сп
	250	1000	1000	5.7 ... 13.9	0.0 ... 0.0
	Result(s)	Injector 1			
	Result 1 ✔	11.0 / 23.4			

Measure point VE	Заданное давлени	Длительность имп	Импульсов в мину	Подача(см <sup>3</sup> /1000)	Обратный слив(сп
	1000	280	1000	0.3 ... 4.1	0.0 ... 0.0
	Result(s)	Injector 1			
	Result 1 ✔	4.1 / 80.6			

Рисунок 8 – Итоговый протокол испытания форсунки

Комплекс выполненных работ позволил обеспечить необходимые рабочие параметры форсунки. В результате тестирования форсунки на всех режимах подтвердило соответствие заданным параметрам.