

FRI-1.202-1-MR-02

## DETERMINATION OF THE INITIAL STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE CYLINDRICAL AND ROTARY PARTS OF ENGINES IN AGRICULTURAL EQUIPMENT SUBJECT TO RESTORATION <sup>10</sup>

**Eng. Todor Todorov, PhD Student**

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies  
University of Ruse "Angel Kanchev", Bulgaria

Tel.: +359 82 888 458

E-mail: [ttodorov@uni-ruse.bg](mailto:ttodorov@uni-ruse.bg)

**Abstract:** *The article examines and establishes the distribution of the initial structural characteristics of cylindrical and rotary parts made of different grades of steel and cast iron and subject to restoration by welding from the leading brands of engines AGCO Power (SISU), JOHN DEERE Power Systems and FPT (FIAT Power-train Technologies), used in the offered brands of self-propelled agricultural machinery by the companies AGCO, JOHN DEERE, CNH and CLAAS. The graphical data show that 90% of all cylindrical surfaces of cylindrical and rotary parts subject to restoration by welding are in the range of 35-90 mm, and that the largest number of cylindrical surfaces with a diameter of 45 - 50 mm. From the modal and average values of the statistical distribution of the studied engine brands, we have selected the structural characteristics of the physical model for laboratory studies of the quality of the parts restored by surfacing, operating under liquid friction: material - steel 45, diameter of the sample after final mechanical processing of the surfacing coating - 50 mm, total length of the surfacing sample - 250 mm, length of the restored section - 40 mm, mass of the sample - 3,5-4,0 kg, thickness of the surfacing metal (one-sided) - 0,5-1,0 mm.*

**Keywords:** *Agricultural machinery, engines, crankshaft, camshaft, piston pin, cylindrical surfaces, structural characteristic.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Голяма част от детайлите подлежащи на възстановяване са от групата на цилиндричните центрови или ротационни детайли. Те са изработени от различни стомани или чугуни като имат висока твърдост, точност и чистота на повърхностите, конструктивно сложни и скъпо струващи. В процеса на използване на машините износването на работните повърхнини на детайлите е незначително и в повечето случаи не превишава 1 % от техните размери и 0,1 % от масата им. Абсолютната големина на износването която води до бракуване на детайлите от земеделската техника е също така съвсем малка и най-често се намира в границите 0,1-0,6 mm и в редки случаи достига до 3-5 mm. Красноречиво за това говорят следните статистически данни (80% от детайлите в земеделската техника имат износване до 0,6 mm, съответно - 50 % до 0,1 mm, 11 % до 0,2 mm, 10% до 0,3 mm, 1% до 0,4 mm, 5% до 0,5 mm и 3 % до 0,6 mm) (AGCO Power Workshop Service Manual 5th Generation, 2013; 4-th Generation Engines AGCO Power, 2014).

Цел на изследването е установяване на разпределението на началните структурни характеристики на подлежащите на възстановяване детайли от двигателите, използвани в земеделската техника.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

В процеса на работа на двигателя върху неговите детайли действат инерционни сили от движещите се маси, центробежни сили от неуравновесените маси и моменти-те, поради което те са подложени на значително динамично натоварване.

Показателите на надеждност на съвременните двигатели се определят от основни ресурсопределящи елементи като разпределителен вал, колян вал, плъзгащи лагери, бутало-цилиндрова група, турбокомпресор, като на тях се падат до 35% от отказите (AGCO Power Workshop Service Manual 5th Generation, 2013).

<sup>10</sup> Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Ремонт и надеждност“ на 24 Октомври 2025 г. с оригинално заглавие на български език: ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НАЧАЛНИТЕ СТРУКТУРНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЦИЛИНДРИЧНИТЕ И РОТОРНИТЕ ЧАСТИ НА ДВИГАТЕЛИ В СЕЛСКОСТОПАНСКА ТЕХНИКА, ПОДЛЕЖАЩИ НА ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ.

За поддържане на високи надеждностни показатели (безотказност и трайност) на двигателите в процеса на поддържане и ремонт, при разработването на различни технологични процеси за възстановяване на работоспособността и изправността на триещи се при плъзгане двоици е необходимо да бъдат анализирани и изучени началните им структурни характеристики. Стойностите на началните структурни характеристики на триещите се двоици вал-плъзгащ лагер са от първостепенно значение за сработване-то на двоицата, скоростта на износване на съставящите я елементи и в голяма степен от тях се определя ресурса на двигателя.

Първоначално се определят началните структурни характеристики на детайлите подлежащи на възстановяване, а оттам модела на възстановяване и начина на възстановяване. От това силно зависят качеството на повърхнината и износоустойчивостта на възстановеното покритие. Така възстановените детайли със своите структурни характеристики служат за модел на трибологическите изследвания за определяне износоустойчивостта на възстановителните покрития. От своя страна износоустойчивостта определя трайността на възстановения детайл. Според съвременните изисквания и нужди, трайността, респективно износоустойчивостта на възстановения детайл, трябва да е равна на тази на новият детайл.

Началните структурни характеристики обхващат параметри, които характеризират особеностите на конструкцията на детайлите - геометрична форма и размери, материал, химико-термична обработка, твърдост и други физико-механични параметри - вид на сглобката, точност на изработване, грапавост на повърхнините и др.

Обект на анализ от параметрите на началните структурни характеристики бяха размерите на цилиндричните повърхнини при цилиндричните и ротационни детайли - бутален болт, разпределителен и колян вал, изработени от различни марки стомани и чугуни от двигателите на трите водещи производители AGCO Power (SISU), JOHN DEERE Power Systems и FPT (FIAT Powertrain Technologies), влагани в предлаганите марки самоходна земеделска техника от компаниите AGCO – Fendt, Valtra и Massey Ferguson, JOHN DEERE – John Deere, CNH – Case IH, New Holland и Steyr и CLAAS - Claas. С получените резултати са построени полигони на разпределение на началните им структурни характеристики. При статистическата обработка е прието допускането, че честотата на повторяемост на структурните характеристики на няколко цилиндрични работни повърхнини от един и същи детайл, се оценява с броя на тези повърхности.

Таблица 1. Разпределение на изследваните двигатели от самоходната земеделска техника на съответния производител по модели

Производител	Двигател	Самоходна земеделска техника			
		AGCO	JOHN DEERE	CNH	CLAAS
		Fendt Valtra Massey Ferguson	John Deere	Case IH New Holland Steyr	Claas
Брой модели в които се използва съответния двигател					
AGCO Power (SISU)	AP 33	13			
	AP 44	29			
	AP 49	11			
	AP 66	8			
	AP 74	33			
	AP 98	5			
JOHN DEERE Power Systems	JD 4045		16		
	JD 6068		22		
	JD 6090 (JD9X)		25		
FPT (FIAT Powertrain Technologies)	8035			3	
	F34			6	
	N45			37	16
	N67			48	5
	Cursor 9 (C9)			22	5

За установяване разпределението на цилиндричните повърхнини според диаметъра им при елементите бутален болт, разпределителен и колян вал от двигателите на самоходната земеделска техника (трактори, комбайни и телескопични товарачи), обект на изследване бяха най-използваните двигатели с работен обем до 10,00 lt и номинална мощност 55 - 450 hp (к.с.), на трите водещи производители AGCO Power (SISU) - AP33, AP44, AP49, AP66, AP74, AP84 и AP98, JOHN DEERE Power Systems - JD 4045, JD 6068 и JD 6090 (JD9X) и FPT (FIAT Powertrain Technologies) – 8035, F34, N45, N67, Cursor 9 (C9).

Броя модели самоходна земеделска техника - трактори, комбайни и телескопични товарачи в които се влага съответния двигател са показани в табл. 1.

Изследваните двигатели AGCO Power представляват 100 % от дялът на влаганите от производителя двигатели в продуктите гами при трактори Valtra и Massey Ferguson, използвани в селското стопанство с направление зърнопроизводство, 100% от дялът на тези влагани в комбайни Fendt и MF и 50-55 % от влаганите в трактори Fendt.

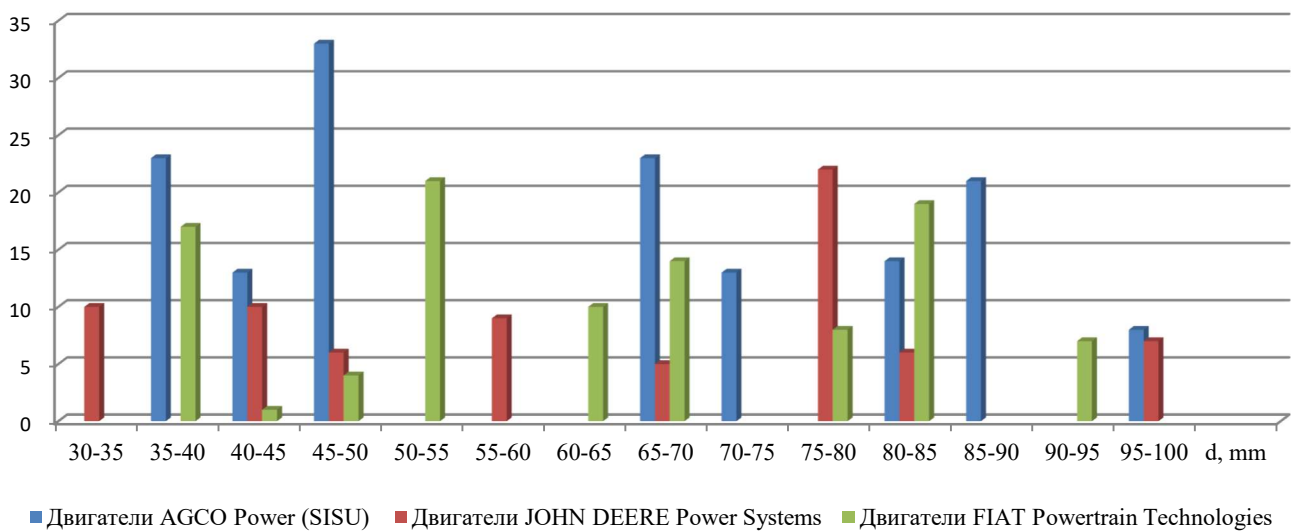
Таблица 2. Размери на цилиндричните повърхнини при елементите бутален болт, разпределителен и колян вал на двигателите AGCO Power (SISU), JOHN DEERE Power System и FPT (FIAT Powertrain technologies)

Производител двигател	Двигател тип	Работен обем на двигателя, см.3	Номинална мощност, к.с.	Брой цилиндри	№ шийка разпределителен вал	Диаметър на лагерните шийки на разпределителния вал, мм.	Диаметър на основните лагерни шийки на колянния вал, мм.	Диаметър на мотвилковите лагерни шийки на колянния вал, мм.	Диаметър на буталните болтове, мм.
AGCO Power (SISU)	AP 33	3300	75-105	3	1	49,875 - 49,900	84,985 - 85,020	67,981 - 68,000	39,991 - 40,000
					2-4	49,885 - 49,910			
	AP 44	4400	95-142	4	1	49,875 - 49,900	84,985 - 85,020	67,981 - 68,000	39,991 - 40,000
					2-4	49,885 - 49,910			
	AP 49	4900	135-165	4	1	49,875 - 49,900	84,985 - 85,020	67,981 - 68,000	39,991 - 40,000
					2-4	49,885 - 49,910			
	AP 66	6600	155-175	6	1	49,875 - 49,900	89,985 - 90,020	67,981 - 68,000	39,991 - 40,000
					2-4	49,865 - 49,890			
					5	49,885 - 49,910			
	AP 74	7400	195-305	6	1	49,875 - 49,900	89,985 - 90,020	67,981 - 68,000	39,991 - 40,000
					2-4	49,865 - 49,890			
					5	49,885 - 49,910			
AP 84	8400	280-425	6	1	49,875 - 49,900	89,985 - 90,020	72,981 - 73,000	43,994 - 44,000	
				2-4	49,865 - 49,890				
				5	49,885 - 49,910				
AP 98	9800	279-317	7	1	49,875 - 49,900	97,985 - 98,020	72,981 - 73,000	43,994 - 44,000	
				2-5	49,865 - 49,890				
				6	49,885 - 49,910				
JOHN DEERE Power Systems	JD 4045	4500	77-150	4	1-4	55,872 - 55,898	79,324 - 79,350	77,800 - 77,826	34,920 - 34,930 (Small) 41,270 - 41,280 (Large)
	JD 6068	6800	145-270	6	1-5	55,872 - 55,898	79,324 - 79,350	77,800 - 77,826	34,920 - 34,930 (Small) 41,270 - 41,280 (Large)
	JD 6090	9000	290-410	6	1-5	66,987 - 67,013	95,196 - 95,222	83,482 - 83,508	47,602 - 47,608
	8035	2931	55-75	3	1	50,970 - 51,000	79,810 - 79,791	63,725 - 63,744	37,983 - 37,990
FPT (FIAT Powertrain Technologies)					2	50,470 - 50,500			
					3	49,970 - 50,000			
	F34	3400	58-75	4	1	53,995 - 54,045	1,2,3 и 4-та шийка 76,182 - 76,208	68,015 - 68,038	35,990 - 35,996
					2-4	49,975 - 50,025	5-та шийка - 83,182 - 83,208		
					5	39,975 - 40,025			
	N45	4485	85-174	4	1-5	53,995 - 54,045	82,990 - 83,010	68,987 - 69,013	37,994 - 38,000
	N67	6728	140-340	6	1-7	53,995 - 54,045	82,990 - 83,010	68,987 - 69,013	37,994 - 38,000
	Cursor 9 (C9)	8710	320-440	6	1-7	64,924 - 64,080	92,970 - 93,000	81,915 - 81,945	51,994 - 52,000

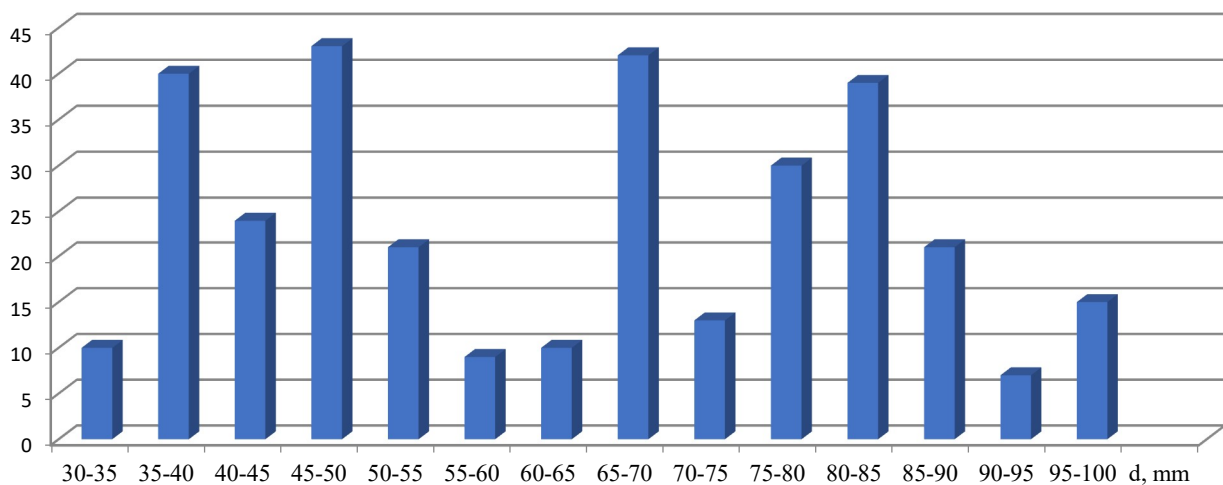
Изследваните двигатели JOHN DEERE Power Systems представляват 75-80 % от дялът на влаганите двигатели на производителя в продуктовата гама при трактори JOHN DEERE, използвани в селското стопанство с направление зърнопроизводство, както и 65 % от тези влагани в комбайни JOHN DEERE.

Дялът на изследваните, спрямо влаганите двигатели FPT в продуктите гами при марките трактори произвеждани от CNH има следното изражение - CASE IH 60-65%, Steyr 60-65% и New Holland 70-75%, използвани в селското стопанство с направление зърнопроизводство, 80% от дялът на тези влагани в комбайни New Holland и 100 % от влаганите в телескопичните товарачи CASE IH и New Holland. Двигатели FPT се използват и от компанията CLAAS в по-голямата част от произвежданите от нея трактори Claas, като дялът на изследваните, спрямо влаганите двигатели е 100%.

Разпределението на цилиндричните повърхнини (фиг. 1 и 2) е получено на база представените в табл. 2 размери на изследваните елементи.



Фиг. 1. Разпределение на цилиндричните повърхнини при елементите бутален болт, разпределителен и колян вал на двигатели с работен обем до 10,00 л. и номинална мощност 55 – 450 к.с. според диаметъра



Фиг. 2. Общо разпределение на повърхнини при елементите бутален болт, разпределителен и колян вал на двигателите AGCO Power (SISU), JOHN DEERE Power System и FPT (FIAT Powertrain technologies) с работен обем до 10,00 л. и номинална мощност 55 – 450 к.с. според диаметъра

От разпределението на цилиндричните повърхнини (фиг. 1) при елементите бутален болт, разпределителен и колян вал по производители е видно, че при изследваните двигатели AGCO Power най-голям е броят на цилиндричните повърхнини с диаметър 45 - 50 mm, което представлява 22% от общия брой на цилиндричните повърхнини при тези елементи. Подобно е разпределението и при двигатели FPT, където с най-голям брой са цилиндричните повърхнини с диаметър 50 - 55 mm, което представлява 21% от общия брой на цилиндричните повърхнини. При производителя JOHN DEERE Power Systems разпределението на цилиндричните повърхнини показва, че най-голям е броят на тези с диаметър 75-80 mm, което представлява 29% от общия брой на цилиндричните повърхнини при изследваните елементи.

От диаграмата на общото разпределение на цилиндричните повърхнини при елементите бутален болт, разпределителен и колян вал на изследваните двигатели AGCO Power (SISU), JOHN DEERE Power Systems и FIAT Powertrain Technologies (фиг. 2) е видно, че най-голям е броят на цилиндричните повърхнини с диаметър 45-50 mm, както и че 90% от всички цилиндрични повърхнини се намират в диапазона 35-90 mm. Тези елементи работят в условията на течно триене. От модалните и средните стойности на статистическото разпределение на изследваните марки двигатели от земеделската техника, избираме следните структурните характеристики на физическият модел за лабораторни изследвания на качеството на възстановените чрез наваряване детайли, работещи в условията на течно триене: материал стомана 45, диаметър на образца след окончателна механична обработка на навареното покритие 50 mm, обща дължина на образца за наваряване 250 mm, дължина на възстановяваният участък 40 mm, маса на образца 3,5-4,0 kg, дебелина на наварения метал (едностранно) 0,5-1,0 mm.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установено е разпределението на началните структурни характеристики на цилиндричните и ротационни детайли, изработени от различни марки стомани и чугуни и подлежащи на възстановяване чрез наваряване от водещите марки двигатели AGCO Power (SISU), JOHN DEERE Power Systems и FPT (FIAT Powertrain Technologies) и влагани в предлаганите марки самоходна земеделска техника от компаниите AGCO, JOHN DEERE, CNH и CLAAS.

2. Установено е, че 90% от всички цилиндрични повърхнини на цилиндричните и ротационни детайли подлежащи на възстановяване чрез наваряване в изследваните двигателите AGCO Power (SISU), JOHN DEERE Power Systems и FPT (FIAT Powertrain Technologies), влагани в предлаганите марки самоходна земеделска техника от компаниите AGCO, JOHN DEERE, CNH и CLAAS се намират в диапазона 35 - 90 mm, както и че най-голям е броят на цилиндричните повърхнини с диаметър 45 - 50 mm.

3. От модалните и средните стойности на статистическото разпределение на изследваните марки двигатели от земеделската техника, избираме следните структурните характеристики на физическият модел за лабораторни изследвания на качеството на възстановените чрез наваряване детайли, работещи в условията на течно триене: материал стомана 45, диаметър на образца след окончателна механична обработка на навареното покритие 50 mm, обща дължина на образца за наваряване 250 mm, дължина на възстановяваният участък 40 mm, маса на образца 3,5-4,0 kg, дебелина на наварения метал (едностранно) 0,5-1,0 mm.

## REFERENCES

AGCO Power Workshop Service Manual 5th Generation AWF Engines, AGCO Power – Linnavuorentie 8-10- FIN-37240 Linnavuori, Nokia, Finland; AGCO 2013 <https://www.scribd.com/document/538693123/T4F-Workshop-Service-Manual>

4th Generation Engines AGCO Power 33, 44, 49, 66, 74, 84, 98 Workshop Service Manual, AGCO Power – Linnavuorentie 8-10- FIN-37240 Linnavuori, Nokia, Finland; AGCO 2014 <https://www.scribd.com/document/575199880/AGCO-Power-33-44-49-66-74-84-98-Workshop-Service-Manual-Manualzz>

Nikolov M., (2021), Statistical distribution of the details from agricultural machinery made from cast iron.//Proceedings of university of Ruse - 2021, vol. 60, book (1.1), 49-55, ISSN: 1311-3321

TECHNICAL MANUAL PowerTech™ 4.5L & 6.8L PowerTech Plus™ 4.5L & 6.8L Diesel Engines Base Engine, CTM104 27JAN06 (ENGLISH) - John Deere Power Systems U.S.A. <https://kva-diesel.dk/wp-content/uploads/2023/08/PowerTech-4045-6068.pdf> COMPONENT TECHNICAL MANUAL PowerTech™ 9.0 L OEM Diesel Engines Base Engine Repair, CTM400 29AUG11 (ENGLISH) - John Deere Power Systems U.S.A.

[https://static.agroinform.hu/data/forum/documents/agroinform\\_20200812174038\\_john\\_deere\\_powe\\_rtech\\_9.0\\_1\\_oem\\_diesel\\_engine\\_base\\_engine\\_repair\\_manual.pdf](https://static.agroinform.hu/data/forum/documents/agroinform_20200812174038_john_deere_powe_rtech_9.0_1_oem_diesel_engine_base_engine_repair_manual.pdf) FPT 8035-8045 ENGINES Technical and Repair manual <https://hoovertec.com/wp-content/uploads/2021/12/8035-8045.pdf>

SERVICE MANUAL F5 Tier 4B (final) and Stage IV Engine, CNH INDUSTRIAL Part number 47730922 1st edition English June 2015 <https://hoovertec.com/wp-content/uploads/2022/08/F5HFL-F5BFL-F5DFLF5GFL.pdf>

N SERIES EU/2002/88/CE G-DRIVE application N45 N67 Technical and Repair manual, SATIZ B.U. TECHNICAL PUBLISHING Iveco Technical Publications Lungo Stura Lazio, 15/19 10156 Turin – Itali <https://www.scribd.com/document/560752923/Technical-Repair-Manual-N45-N67-ENU-426>

NEW HOLLAND ENGINES NEF Tier3 SERVICE MANUAL, CNH America LLC. All Rights Reserved. NewHollandis a registered trade mark of CNH America LLC. <https://www.scribd.com/document/485968609/84250481-NEF-6-7-T3-NH-guts>

CURSOR SERIES C9 Technical and Repair manual, SATIZ B.U. TECHNICAL PUBLISHING Iveco Technical Publications Lungo Stura Lazio, 15 10156 Torino(TO) – Itali <https://www.scribd.com/document/621152643/CURSOR-9-repair-manual574959>.

<https://www.fendt.com/int/>

<https://www.valtra.com/>

<https://www.masseyferguson.com/en.html>

<https://www.agcopower.com/>

<https://www.deere.com/en/engines-and-drivetrain/>

<https://www.cnh.com/>

<https://www.caseih.com/en-gb/europe>

<https://agriculture.newholland.com/en-gb/europe>

<https://www.steyr-traktoren.com/en/agriculture/products>

<https://www.claas.com/bg-bg>

FPT Industrial <https://www.fptindustrial.com/en/engines/Off-Road/Agricultural>

FPT & Iveco Service Manuals <https://hoovertec.com/fpt-service-manuals/>

## **БЛАГОДАРНОСТИ**

Докладът отразява резултати от работата по проект № 2025-АИФ-02, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет.