

УДК 620.172.242;62-589.32:621.83.062.22;658.514.07

DOI: 10.30987/1999-8775-2021-6-36-46

А.П. Фот, В.И. Рассоха, Е.А. Пеньков

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ НАЛАДКИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ АВТОРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Упрощена и обеспечена высокая производительность настроек двухпарных гитар станков со сменными зубчатыми колёсами. Использованы методы численных экспериментов по определению характеристик комплектов сменных колёс гитар, сравнительный анализ характеристик различных комплектов, визуализация результатов в табличной форме. Предложены специальные алгоритмы расчётов настроек, сокращающие время операций выбора сочетаний колёс гитар. Разработаны программы ЭВМ для определения требуемых сочетаний колёс гитар и электронный справочник настроек

двухпарных гитар станков, рекомендуемые для использования в производственной деятельности работников технологических отделов и проектно-конструкторских служб машиностроительных и авторемонтных предприятий, в научно-исследовательской деятельности НИИ и вузов (при проведении диссертационных исследований, в учебном процессе при подготовке специалистов инженерно-технических специальностей).

Ключевые слова: станки, гитара станка, зубчатые колёса, комплекты, сменные колёса, настройка.

А.Р. Fot, V.I. Rassokha, E.A. Penkov

IMPROVEMENT OF METHODOLOGICAL SUPPORT IN OPERATION SETUP OF UNIVERSAL MACHINE-TOOLS AT MOTOR CAR REPAIR COMPANIES

The investigation purpose: simplification and ensuring tooling high performance of two-pair gear trains in machines with change gears.

Methods used: numerical experiments for the characteristics definition of change gear sets in gear trains, a comparative analysis of different sets characteristics, a result visualization in a table form.

Relevance of the method offered is substantiated with considerable labor intensity in the definition of the gear combination in gear trains by existing methods based on tables use mainly through possible way selection.

Novelty: there are offered special algorithms of setup calculations decreasing operation time for the choice of gear combinations of gear trains.

Basic results: there are developed computer programs for the definition of gear train combinations required and an electronic directory for machine-tool two-pair gear train setups recommended for use by workers of technological departments and in design service in production activities of engineering and motor car repair companies, in research centers and colleges (in thesis investigations, in training processes of engineering experts).

Key words: machine-tools, gear train, cog-wheels, sets, change gears, setup.

Введение

Работы по ремонту агрегатов автомобилей зачастую сопровождаются изготовлением вышедших из строя деталей с использованием металлорежущих станков. Использование станков с ЧПУ на ремонтных предприятиях с широкой номенклатурой изготавливаемых в небольших количествах изделий часто нецелесообразно ввиду высокой стоимости таких станков и сложности обслуживания. В связи с этим в

большинстве таких предприятий станочный парк комплектуется широко распространёнными универсальными станками (токальными, зубообрабатывающими и т.п.). При обработке сложных изделий, например, зубчатых колёс, в универсальных станках предусмотрены так называемые гитары со сменными зубчатыми колёсами (наиболее часто используются двухпарные гитары, состоящие из четырёх

сменных колёс). Указанные гитары для обеспечения точности изготавливаемых деталей требуют настройки, заключающейся в подборе чисел зубьев колёс из комплекта (набора) колёс, имеющегося в соответствующем станке. Точность изготовления изделия на станке определяется точностью передаточного отношения, задаваемого технологом и реализуемого выбранными из комплекта колёсами (настройки гитары), которая, в свою очередь, зависит от квалификации наладчика, причём процесс подбора требуемых чисел зубьев колёс с использованием существующих методов и справочной литературы достаточно трудоёмкий.

Многое зависит от характеристик комплекта сменных колёс (количество колёс, числа зубьев колёс). Схема двупарной гитары, в которой используются четыре колеса a , b , c и d из комплекта сменных

колёс (колесо a является ведущим, а d – ведомым) показана на рис. 1.

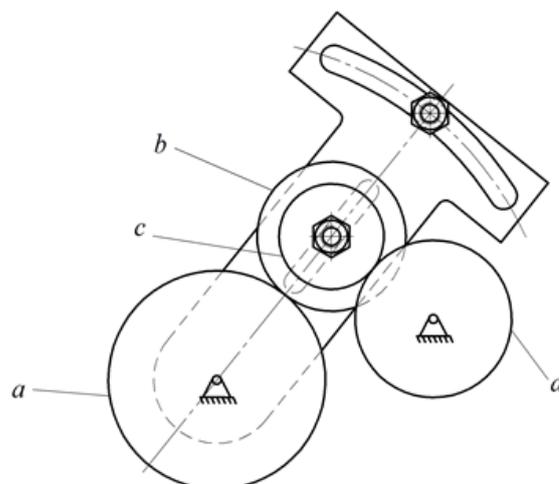


Рис. 1. Схема двупарной гитары станка

Оценка качества комплектов сменных зубчатых колёс двупарных гитар станков

В общем случае качество комплектов сменных зубчатых колёс двупарных гитар станков можно оценивать с учётом значительного ряда параметров, в том числе: K – количество сменных колёс в комплекте; Z_i – числа зубьев каждого колеса комплекта; КПО – количество передаточных отношений, реализуемых гитарой при использовании всех колёс комплекта с учётом ограничений на значения передаточных отношений U пары колёс (например, в кинематических цепях подач – $0,20 \leq U \leq 2,828$) и условий сцепляемости ($a+b \geq c+15$ и $c+d \geq b+15$); U_{min} – минимальное значение реализуемого гитарой передаточного отношения; U_{max} – максимальное значение реализуемого гитарой передаточного отношения; Γ – условный суммарный габарит комплекта, $\Gamma = \sum Z_i^2$ (здесь: Z_i – число зубьев колеса комплекта; i – номер колеса от 1 до K).

Возможность модернизации существующих комплектов сменных колёс и

улучшения их характеристик рассматривается в работах многих авторов [1-15]. Программа авторов [12] позволяет производить подбор чисел зубьев колёс как для гитар цепей подач, так и для цепей главного движения (два режима) с изменением условия сцепляемости Δ в пределах от 15 до 25. Особенностью алгоритма программы является выбор сочетаний колёс, которые удовлетворяют не только кинематическим ограничениям и условию сцепляемости, но и обеспечивают меньшие габариты гитар в сборе. Распараллеливание расчётов обеспечивает высокую производительность и возможность расчётов комплектов с большим количеством колёс.

Основная оценка качества – значение интегрального показателя качества (ИПК), позволяющего оценить эффективность различных комплектов (большие значения ИПК имеют более качественные наборы):

$$\text{ИПК} = \text{КПО} \cdot (U_{max} - U_{min}) / \Gamma. \quad (1)$$

Принятая структура ИПК проста, в ней нет размерных составляющих, она позволяет количественно оценить эффективность любого комплекта с достаточной полнотой и

точностью без больших затрат времени. Действительно, чем больше количество и чем больше интервал реализуемых комплек-

том передаточных отношений на единицу габарита, тем эффективнее комплект.

Анализ характеристик существующих комплектов сменных колёс показал, что многие комплекты весьма несовершенны и требуют модернизации.

В качестве дополнительной оценки комплектов можно использовать значение средней плотности передаточных отношений (ППО), реализуемых гитарой, определяемой по формуле:

$$\text{ППО} = \text{КПО} / (U_{\max} - U_{\min}). \quad (2)$$

В программе [12] реализуется алгоритм расчёта плотности распределения значений передаточных отношений в различных интервалах (с градациями: 0,01;

0,1; 0,5; 1). Графическое отображение распределения позволяет оперативно оценить целесообразность использования комплекта с позиции точности настройки (чем выше плотность, тем выше вероятность получения требуемого значения передаточного отношения).

В качестве примера в табл. 1 приведены характеристики комплектов сменных зубчатых колёс в существующих металлообрабатывающих станках различных типов. Они могут быть полезны для работников заводов, выпускающих станки и шестерни для гитар в ЗИП (запасные части, инструменты и принадлежности).

Таблица 1

Характеристики комплектов сменных колёс в существующих станках
(обозначения: 1 – существующий комплект, число после первой точки – количество колёс в комплекте, число после второй точки – модификация комплекта)

К	Z_i	КПО	U_{\min}	U_{\max}	Γ	ИПК	ППО
Комплект для делительных головок фрезерных станков -1.12							
12	25 25 30 35 40 50 55 60 70 80 90 100	693	0,069444	7,466667	43500	0,117845	93,68381
Пятковый комплект для токарных и соответствующих станков -1.24							
24	20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 97 100 105 110 113 115 120 127	19452	0,041667	7,972778	160457	0,961479	2452,62
Комплект для станков с цепями средней точности (дифференциала, обкатки и др.) -1.29							
29	23 25 30 33 37 40 41 43 45 47 50 53 55 58 60 61 62 65 67 70 73 79 83 85 89 92 95 98 100	117091	0,058673	7,913043	121051	7,597426	14907,75
Комплект для станков с цепями повышенной точности -1.36.1							
36	23 25 30 33 34 35 37 40 41 43 45 47 50 53 55 58 59 60 61 62 65 67 70 71 73 75 79 80 83 85 89 92 95 97 98 100	262658	0,058673	7,913043	153388	13,44964	33441
Комплект для затылочных станков и других с делительной цепью и цепью дифференциала или обкатки -1.43.1							
43	23 25 30 33 34 35 37 40 41 43 45 47 50 53 55 58 59 60 61 62 65 67 70 71 73 75 79 80 83 85 89 90 92 95 97 98 100 105 110 113 115 120 127	460379	0,041667	7,983696	241136	15,16299	57967,43
Станки зубодолбежные 5M150, 5M161, 5B150, 5B161, 5M150П -1.25							
25	20 25 30 34 37 40 41 43 45 46 47 50 55 58 60 62 65 70 70 75 80 85 90 95 100	36158	0,052632	7,823529	92663	3,032279	4653,002
Станок резьбошлифовальный универсальный 5822М -1.34							
34	30 32 33 34 35 36 37 39 40 42 44 45 48 50 54 55 56 60 65 68 75 76 78 80 84 85 90 91 92 95 96 100 110 120	44444	0,072727	7,963801	160987	2,178504	5632,186
Станок зубофрезерный горизонтальный повышенной точности 5А308П -1.35							
35	21 24 25 34 40 48 60 66 70 71 72 73 74 76 78 79 81 82 83 86 87 89 90 91 92 94 95 97 98 100 136 138 140 141 142	194910	0,050282	7,823529	270653	5,597882	25074,46
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5К32 -1.36.2							
36	24 25 25 30 35 37 40 41 43 45 47 48 50 53 55 58 59 60 61 62 65 67 70 71 73 75 79 80 83 85 89 90 92 95 98 100	214351	0,061224	7,84	152810	10,91151	27555,88

продолжение табл. 1

Станок зубодолбежный вертикальный механический универсальный полуавтомат 514 -1.37							
37	20 23 24 25 26 30 33 34 35 37 38 40 41 43 45 47 48 50 55 58 60 62 65 68 70 74 75 80 85 90 92 95 96 97 98 100 120	130230	0,04	7,97954	154683	6,684421	16402,71
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5Д32 -1.39							
39	23 24 25 25 30 34 35 37 40 41 45 47 48 50 53 55 57 58 59 60 61 62 65 67 70 71 73 75 79 80 83 85 89 90 92 95 97 98 100	282774	0,056327	7,913043	165304	13,43993	35991,37
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5М32 -1.40.1							
40	23 24 25 25 30 33 34 35 37 40 40 41 43 45 47 48 50 53 55 58 59 60 61 62 65 67 70 71 73 75 79 80 83 85 87 89 90 92 98 100	273629	0,056327	7,913043	155728	13,805	34827,4
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5В310 -1.40.2							
40	23 24 24 30 33 34 35 37 40 41 43 45 47 48 50 53 55 57 59 60 61 62 65 67 70 73 75 79 80 83 85 89 90 92 95 100 110 113 120 127	285061	0,040708	7,983696	195548	11,57893	35888,38
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5327 -1.41							
41	20 20 23 24 25 25 30 33 34 35 37 40 41 43 45 47 48 50 53 55 57 58 59 60 61 62 65 67 70 71 73 75 79 80 83 85 90 92 97 98 100	295174	0,040816	7,913043	152096	15,2777	37495,62
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5Е32 -1.42							
42	20 23 24 25 30 33 34 35 37 40 41 43 45 46 47 48 50 53 55 57 58 59 60 61 62 66 67 70 71 73 75 77 80 83 85 89 90 92 95 97 98 100	335889	0,046939	7,84	169952	15,40202	43101,04
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5К324 -1.43.2							
43	20 20 23 24 25 25 30 33 34 35 37 40 41 43 45 47 48 50 53 55 57 58 59 60 61 62 65 67 70 71 73 75 79 80 80 83 85 89 90 92 97 98 100	335060	0,040816	7,913043	166417	15,84975	42562,29
Станок зубодолбежный вертикальный полуавтомат 5А12 -1.44							
44	24 26 28 30 34 36 38 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 54 55 56 56 57 58 59 60 61 62 64 65 66 68 70 72 74 75 76 78 80 86 90 96	215466	0,072222	7,865546	149452	11,23569	27647,51
Станок зубострогальный полуавтомат повышенной точности 5А26 -1.46							
46	30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 79 80 82 83 86 89 90 91 100	406104	0,102198	7,8125	154662	20,24534	52670,31
Станок вертикальный зубодолбежный универсальный полуавтомат 5В12 -1.48							
48	24 25 27 28 31 34 36 38 40 43 44 45 47 48 49 50 52 56 57 58 60 62 64 65 66 68 69 70 72 74 75 76 77 78 80 81 82 84 85 86 87 88 90 92 94 95 96 98	275248	0,063776	7,947712	215248	10,08157	34912,51
Станок токарно-затыловочный 1Б811 -1.50							
50	22 24 26 28 30 31 32 35 36 38 39 42 43 44 47 52 54 55 57 58 60 63 65 66 67 70 71 72 73 75 76 78 80 84 87 88 90 93 95 96 98 99 104 108 111 113 114 120 123 132	287783	0,040741	7,898936	283168	7,986266	36622,02
Станок зубострогальный полуавтомат высокой точности 5Т23В -1.51							
51	30 31 33 34 36 37 39 40 41 42 43 44 46 47 48 50 52 53 54 56 58 59 60 61 62 63 64 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 78 79 80 82 83 86 89 90 91 93 94 97 100	690654	0,095876	7,828283	220382	24,23255	89319,41

продолжение табл. 1

Станок зубострогальный полуавтомат повышенной точности 5П23БП -1.53							
53	31 33 34 36 37 39 40 41 42 43 44 46 47 48 50 52 53 54 56 58 59 60 61 62 63 64 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 78 79 80 82 83 86 89 90 91 93 94 97 100 101 109 114	877413	0,082327	7,906566	254560	26,96845	112140,4
Станок зубофрезерный 5П23 -1.55							
55	24 30 31 33 34 36 37 39 40 41 42 43 44 46 47 48 50 52 53 54 56 58 59 60 61 62 63 64 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 78 79 80 82 83 86 89 90 91 93 94 97 100 104 109 116	852513	0,056944	7,921376	257111	26,0764	108401,1
Станок зубодолбежный вертикальный гидравлический универсальный полуавтомат 5111 -1.57							
57	24 24 25 30 30 32 34 35 36 36 37 40 40 41 43 45 47 48 50 51 53 54 57 58 59 60 60 60 61 62 64 65 66 67 69 70 71 72 73 75 75 78 79 80 80 80 83 84 85 88 89 90 92 94 96 97 98	553156	0,060593	7,941176	239116	18,23045	70192,27
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5А312 -1.60							
60	24 25 27 30 32 33 34 35 37 40 41 43 45 45 47 48 48 48 49 50 53 54 55 56 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 69 70 71 72 72 73 74 75 76 77 79 80 83 85 86 87 89 90 91 92 94 95 96 97 98 100	892605	0,061224	7,947712	266707	26,3942	113181,6
Станок зубодолбежный вертикальный полуавтомат 5140 -1.71							
71	24 30 30 32 36 38 40 40 44 45 46 48 50 51 52 54 55 56 57 58 59 60 60 61 62 64 65 66 67 68 70 70 71 72 73 75 76 78 79 80 82 83 84 85 86 88 89 90 91 92 94 96 97 98 100 100 101 102 103 104 106 107 108 109 112 113 114 115 116 118 120	1505976	0,050847	7,954605	451171	26,38217	190539,2
Станок зубофрезерный вертикальный FO-6 -1.76							
76	23 24 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 82 83 84 85 86 87 88 89 90 92 94 96 97 98 100 110 120	1503426	0,041818	7,991004	319314	37,42715	189129,6

Модернизации существующих комплектов сменных колёс

Возможность модернизации существующих комплектов сменных колёс и улучшения их характеристик рассматривается в работах многих авторов [1-15]. Основные характеристики отдельных комплектов, предложенных авторами [8, 12, 14], приведены в табл. 2.

Согласно данным расчётов для 27 комплектов значения интегрального показателя качества ИПК для существующих и предлагаемых комплектов с количеством колёс от 12 до 76 находятся в интервалах 0,117845...37,42715 и 1,795658...46,43183 соответственно, а значения средней плотности передаточных отношений ППО – в интервалах 93,68...189129,6 и 380,7716...214238,9 соответственно.

На конкретном примере комплекта токарно-затыловочного станка 1Б811 можно увидеть изменение характеристик: минимальное и максимальное значения реализуемого комплектом передаточного отношения отличаются незначительно (U_{min} увеличивается на 16,8 %, U_{max} - на 0,9 %), но резко возрастает общее количество реализуемых передаточных отношений КПО (примерно в 2,56 раза), уменьшаются суммарные габариты комплекта Г (примерно в 2 раза). Интегральный показатель качества ИПК возрастает в 2,91 раза, а средняя плотность передаточных отношений – в 2,54 раза. Таким образом, предлагаемые комплекты при равном количестве колёс с существующими позволяют увеличить количество реализуемых передаточных от-

ношений КПО и значительно уменьшить габариты Г (суммарную массу) по сравнению с существующими. Изменение ИПК и

ППО сравниваемых комплектов показано на рис. 2 и 3.

Таблица 2

Оценочные параметры модернизированных комплектов
(обозначение 2 – модернизированный комплект)

К	Z_i	КПО	U_{min}	U_{max}	Г	ИПК	ППО
Комплект для делительных головок фрезерных станков -2.12							
12	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 56 59	2947	0,127119	7,866667	12702	1,795658	380,7716
Пятковый комплект для токарных и соответствующих станков -2.24							
24	20 21 22 23 25 26 27 29 31 34 37 38 39 41 43 47 49 53 59 61 67 71 73 79	58024	0,072828	7,888278	50427	8,992254	7423,757
Комплект для станков с цепями средней точности (дифференциала, обкатки и др.) -2.29							
29	20 21 22 23 25 26 27 28 29 31 32 33 34 36 37 38 41 43 47 49 52 53 59 61 67 71 73 79 83	126946	0,064054	7,926871	62692	15,92116	16144,72
Комплект для станков с цепями повышенной точности -2.36							
36	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 41 43 46 47 49 53 54 55 58 59 61 62 67 71 73 79 83 89	273061	0,056857	7,951299	85200	25,30113	34588,89
Комплект для затыловочных станков и других с делительной цепью и цепью дифференциала или обкатки -2.43							
43	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 41 43 46 47 49 51 53 55 56 57 58 59 61 62 65 67 71 73 74 75 77 79 81 83 89	490580	0,056857	7,973602	119086	32,61352	61967,63
Станки зубодолбежные 5M150, 5M161, 5B150, 5B161, 5M150П -2.25							
25	20 21 22 23 25 26 27 29 31 32 34 37 38 39 41 43 47 49 53 59 61 67 71 73 79	69745	0,072828	7,888278	51451	10,59463	8924,25
Станок резьбошлифовальный универсальный 5822М -2.34							
34	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 41 43 46 47 49 53 54 55 59 61 67 71 73 79 83 89	225160	0,056857	7,926871	77992	22,72044	28609,86
Станок зубофрезерный горизонтальный повышенной точности 5А308П -2.35							
35	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 41 43 46 47 49 53 54 55 59 61 62 67 71 73 79 83 89	248784	0,056857	7,951299	81836	23,99954	31514,07
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5К32 -2.36							
36	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 41 43 46 47 49 53 54 55 58 59 61 62 67 71 73 79 83 89	273061	0,056857	7,951299	85200	25,30113	34588,89
Станок зубодолбежный вертикальный механический универсальный полуавтомат 514 -2.37							
37	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 41 43 46 47 49 51 53 54 55 58 59 61 62 67 71 73 79 83 89	301426	0,056857	7,951299	87801	27,10190	38181,80
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5Д32 -2.39							
39	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 41 43 46 47 49 51 53 54 55 57 58 59 61 62 65 67 71 73 79 83 89	359347	0,056857	7,973602	95275	29,85953	45390,87
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5М32 -2.40							
40	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 37 38 39 41 43 46 47 49 51 53 54 55 57 58 59 61 62 65 67 71 73 79 83 89	382666	0,056857	7,973602	96175	31,49955	48336,27
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5В310 -2.40							
40	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 37 38 39 41 43 46 47 49 51 53 54 55 57 58 59 61 62 65 67 71 73 79 83 89	382666	0,056857	7,973602	96175	31,49955	48336,27
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5327 -2.41							
41	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 41 43 46 47 49 51 53 54 55 57 58 59 61 62 65 67 69 71 73 77 79 83 89	417542	0,056857	7,973602	105965	31,19503	52741,75

продолжение табл. 2

Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5E32 -2.42							
42	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 40 41 43 46 47 49 51 53 55 57 58 59 61 62 65 67 71 73 77 79 81 83 89 97	461557	0,048651	7,973602	115858	31,57169	58241,24
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5K324 -2.43							
43	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 41 43 46 47 49 51 53 55 56 57 58 59 61 62 65 67 71 73 74 75 77 79 81 83 89	490580	0,056857	7,973602	119086	32,61352	61967,63
Станок зубодолбежный вертикальный полуавтомат 5A12 -2.44							
44	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 41 43 46 47 49 51 53 55 56 57 58 59 61 62 65 67 69 71 73 74 75 77 79 81 83 89	523546	0,056857	7,973602	123847	33,46701	66131,59
Станок зубострогальный полуавтомат повышенной точности 5A26 -2.46							
46	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 40 41 43 44 46 47 49 51 53 55 57 58 59 61 62 65 67 69 71 73 74 77 79 81 83 85 89 97	599398	0,048651	7,973602	135256	35,12059	75635,41
Станок вертикальный зубодолбежный универсальный полуавтомат 5B12 -2.48							
48	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 40 41 43 44 45 46 47 49 50 51 53 55 57 58 59 61 62 65 67 69 71 73 74 77 79 81 83 85 89 97	676731	0,048651	7,973602	139781	38,36765	85392,57
Станок токарно-затыловочный 1Б811 -2.50							
50	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 37 38 39 40 41 43 44 45 46 47 49 50 51 53 55 57 58 59 61 62 65 67 69 71 73 74 77 79 81 83 85 89 91 97	738007	0,047581	7,973602	148962	39,268075	93111,79
Станок зубострогальный полуавтомат высокой точности 5Т23В -2.51							
51	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 37 38 39 40 41 43 44 45 46 47 49 50 51 53 55 57 58 59 61 62 64 65 67 69 71 73 74 77 79 81 83 85 89 91 97	788925	0,047581	7,973602	153058	40,85393	99535,82
Станок зубострогальный полуавтомат повышенной точности 5П23БП -2.53							
53	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 31 32 33 34 35 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 49 51 52 53 55 57 58 59 61 62 64 65 67 69 71 73 74 77 79 81 83 85 87 89 91 95 97	886466	0,045578	7,973602	170720	41,16665	111815
Станок зубофрезерный 5П23 -2.55							
55	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 49 50 51 53 55 57 58 59 61 62 64 65 67 69 71 73 74 77 79 81 82 83 85 89 91 95 97	942030	0,045578	7,991004	171867	43,55003	118562,3
Станок зубодолбежный вертикальный гидравлический универсальный полуавтомат 5111 -2.57							
57	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 49 50 51 52 53 55 57 58 59 61 62 64 65 67 68 69 71 73 74 77 79 81 82 83 85 89 91 95 97	1013877	0,045578	7,991004	179195	44,95472	127604,7
Станок зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5A312 -2.60							
60	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 49 50 51 52 53 55 57 58 59 61 62 63 64 65 67 68 69 71 73 74 77 79 81 82 83 85 86 87 89 91 95 97	1160042	0,045578	7,991004	198129	46,51998	146000,1

продолжение табл. 2

Станок зубодолбежный вертикальный полуавтомат 5140 -2.71							
71	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32	1580476	0,045578	7,991004	263315	47,69015	198916,1
	33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45						
	46 47 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59						
	60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 71 73 74						
	75 76 77 78 79 81 82 83 85 86 87 88 89						
	91 92 93 94 95 97						
Станок зубофрезерный вертикальный FO-6 -2.76							
76	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32	1702321	0,045103	7,991004	291319	46,43183	214238,9
	33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45						
	46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58						
	59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71						
	72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 85						
	86 87 88 89 91 92 93 94 95 96 97						

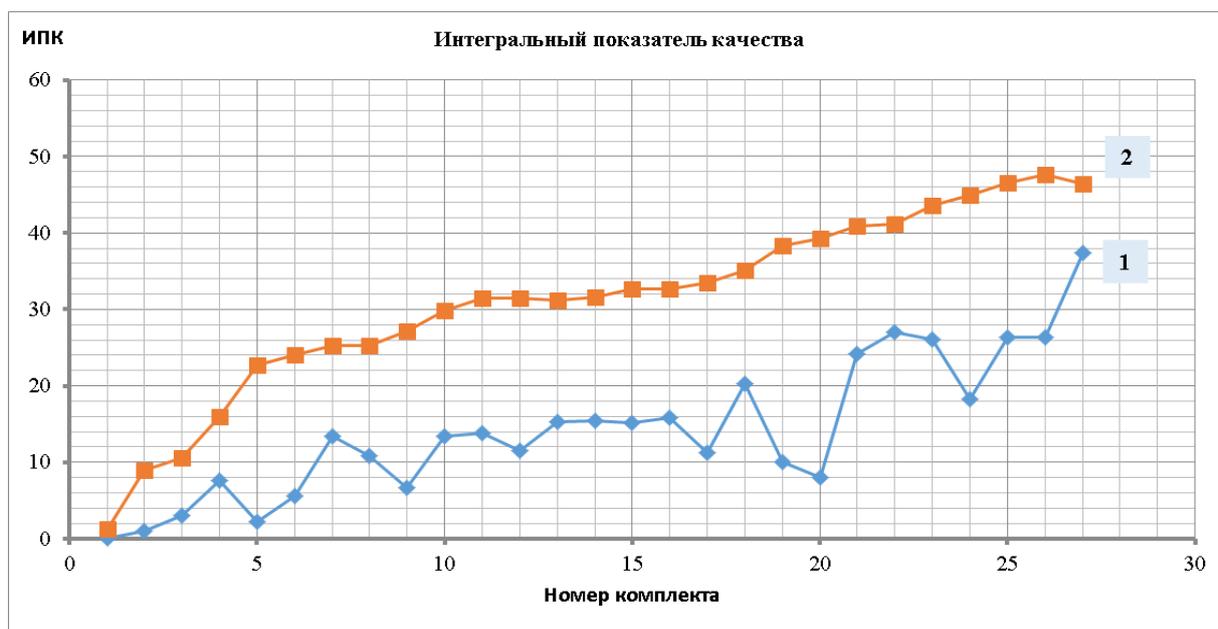


Рис. 2. Значения ИПК комплектов колёс двухпарных гитар станков:
1 - новый вариант комплекта; 2 - старый вариант комплекта

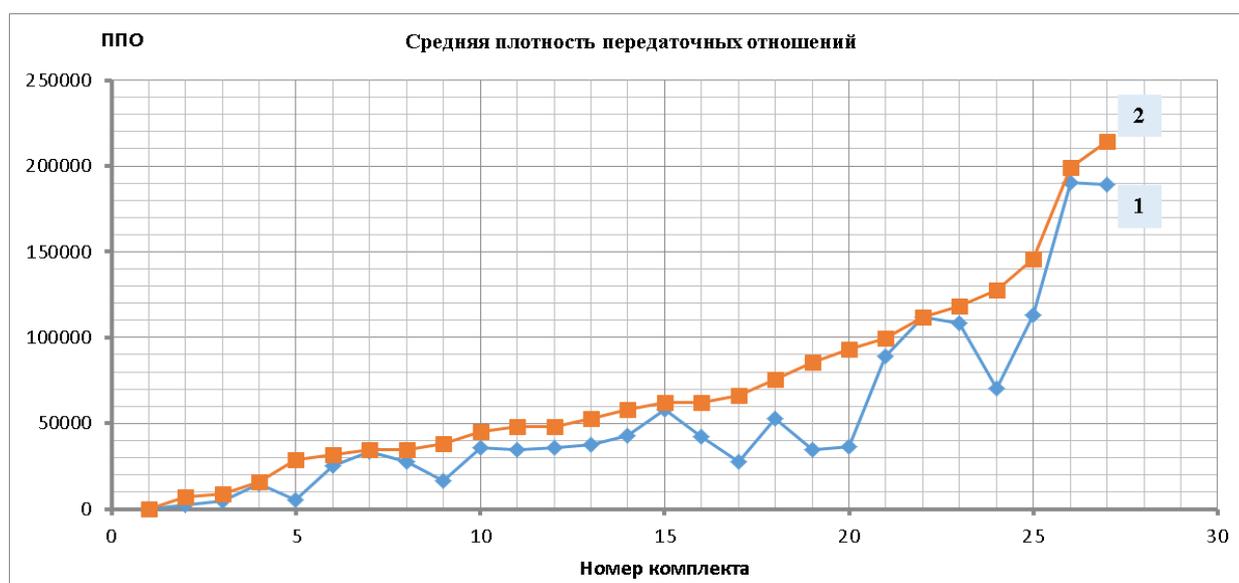


Рис. 3. Значения ППО комплектов колёс двухпарных гитар станков:
1 - новый вариант комплекта; 2 - старый вариант комплекта

Разработанное программное обеспечение

Выбор необходимых чисел зубьев колес (сочетаний a , b , c и d) из имеющихся комплектов сменных колёс существенно упрощается при использовании специальных программ, разработанных авторами [8, 12]. Разработанная на их основе программа «Электронный справочник настроек двухпарных гитар станков» предназначена для оперативного выбора сочетаний колёс двухпарных гитар станков из комплектов колёс, используемых в металлорежущих станках различного назначения при настройке гитар. Она позволяет определить сочетание колёс, обеспечивающее минимальное отклонение от заданного пользователем передаточного отношения (с выводом на экран чисел зубьев колёс выбранного комплекта, значения фактического передаточного отношения, чисел зубьев каждого колеса в настройке и погрешности относительно заданного пользователем передаточного отношения). Программа имеет понятный удобный интерфейс, легка в освоении и в эксплуатации. На рис. 4 представлено экранное окно программы. Время поиска требуемой настройки определяется практически только временем ввода требуемого значения передаточного

отношения гитары и составляет менее одной минуты.

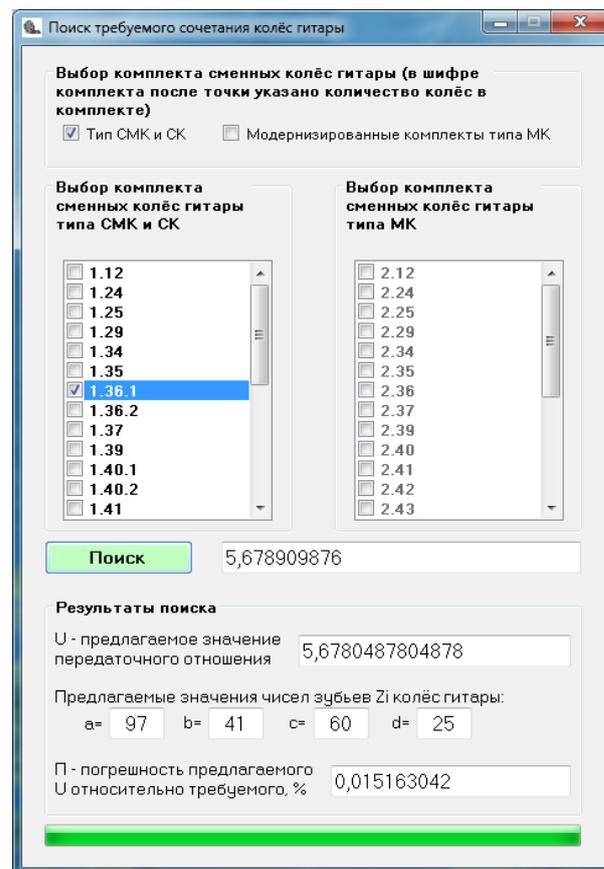


Рис. 4. Экранное окно программы

Заключение

Структура станочного парка авторемонтных предприятий может включать широкую гамму универсальных металлорежущих станков, требующих оперативной наладки (настройки кинематических цепей, в частности, гитар со сменными зубчатыми колёсами). Повышение точности настройки и производительности данной операции существенно повышаются использованием специальных разработанных авторами программ для ЭВМ. Программы

рекомендуются для использования в производственной деятельности работников технологических отделов и проектно-конструкторских служб машиностроительных и авторемонтных предприятий, в научно-исследовательской деятельности НИИ и вузов (при проведении диссертационных исследований, в учебном процессе при подготовке специалистов инженерно-технических специальностей).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ванин, В. А.** Построение формообразующих цепей металлорежущих станков на основе гидравлических цепей / В. А. Фрадкин, В. К. Лукин // Станки и инструмент. – 2005. – № 2. – С. 13-17.
2. **Ведерников, Ю. А.** Модернизация универсальных токарных станков и токарных станков с ЧПУ для нарезания винтовых поверхностей / Ю. А. Ведерников, Н. А. Чемборисов, М. А. По-

кровский // Станки и инструмент. – 2010. – № 12. – С. 16-19.

3. **Верейна, Л. И.** Подбор сменных зубчатых колес в кинематических цепях зуборезных станков с помощью ЭВМ/ Л. И. Верейна // Станки и инструмент. – 1989. – № 4. – С. 27-29.
4. **Верейна, Л. И.** Зависимость точности кинематической настройки станков от состава набора сменных зубчатых колес / Л. И. Верейна// Изве-

- ствия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2013. – № 10. – С. 15-19.
5. **Дзюба, Г. И.** Расчет гитары дифференциалов для подбора сменных зубчатых колес из заданного набора для зуборезных станков / Г. И. Дзюба // Перспективные технологии в машиностроении: Сборник научных трудов. – Орск: изд-во ОГТИ, 2002. – 78 с.
 6. **Ильин, Н. М.** Аналитический расчет точности обработки зубьев конических колес / Н. М. Ильин // Станки и инструмент. – 2008. – № 7. – С. 33-34.
 7. **Муллабаев, А. А.** Теоретическое количество чисел передач гитар станков / А. А. Муллабаев, В. Н. Романцов, Н. В. Зурнаджан, Э. А. Зурнаджан // Станки и инструмент. – 2013. – № 1. – С. 26-27.
 8. **Патент RU № 2717033 C1, МПК В 23 Q 5/12 (2006.01), В 23 Q 5/48 (2006.01), СПК В 23 Q 5/12 (2020.01), В 23 Q 5/48 (2020.01).** Способ формирования комплектов сменных зубчатых колёс двухпарной гитары станка / Фот А. П. (RU); патентообладатель: Оренбургский государственный университет (RU). – № 2019106842. – Заявлено 13.03.2019 г. – Решение о выдаче патента от 30.01.2020 г. – Опубл. 17.03.2020 г., Бюл. № 8.
 9. **Петрик, М. И.** Таблицы для подбора зубчатых колес / М. И. Петрик, В. А. Шишков. – М.: Книга по требованию. – 2013. – 527 с.
 10. **Программы для расчета зубчатых передач, наладки зубофрезерных и зубодолбежных станков, стыковка ПК и ЧПУ / Setup of gear hobbing machine:** – Текст: электронный. – URL: <http://www.pnbgear.narod.ru>. – Дата публикации: 27 января 2013.
 11. **Сандаков, М. В.** Таблицы для подбора шестерен: справочник / М. В. Сандаков, В. А. Вегнер, М. К. Вегнер. 6-е изд., доп. – М.: Машиностроение. – 1988. – 571 с.
 12. **Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015611785, Российская Федерация.** Программа «Гитара станка двухпарная – электронная таблица настроек» / Фот А. П., Мочалин А. В.; правообладатель – ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет». – № 20146622785; дата поступления 11.12.2014 г.; дата регистр. в Реестре программ для ЭВМ 06.02.2015 г. – Опубл. 20.03.2015 г.
 13. **Федосеенко, В. О.** Влияние числа сменных зубчатых колес на погрешность наладки зуборезного станка / В. О. Федосеенко // Станки и инструмент. – 2010. – № 12 – С. 33-36.
 14. **Фот, А. П.** Сборка гитар станков на основе модернизированных комплектов сменных зубчатых колес / А. П. Фот // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2020. – Т. 21, № 7. – С. 309-312.
 15. **Фрадкин, Е. И.** Повышение точности нарезания зубчатых колес с простым числом зубьев более ста / Е. И. Фрадкин, О. М. Ефимова // Станки и инструмент. – 2009. – № 2 – С. 8-13.
1. **Vanin, V.A.** Formation of machine-tool shaping circuits based on hydraulic circuits / V.A. Fradkin, V.K. Lukin // *Machine-tools and Tool*. – 2005. – No.2. – pp. 13-17.
 2. **Vedernikov, Yu.A.** Updating of universal lathes and NC lathes for screw surface cutting / Yu.A. Vrdernikov, N.A. Chemborisov, M.A. Pokrovsky // *Machine-tools and Tool*. – 2010. – No.12. – pp. 16-19.
 3. **Vereina, L.I.** Choice of change gears in kinematics of gear-cutting machines using computer programs / L.I. Vereina // *Machine-tools and Tool*. – 1989. – No.4. – pp. 27-29.
 4. **Vereina, L.I.** Dependence of machine kinematic setup accuracy upon set structure of change gears / L.I. Vereina // *College Proceedings. Mechanical Engineering*. – 2013. – No.10. – pp. 15-19.
 5. **Dzyuba, G.I.** Differential gear gear train computation for change gear choice from specified set for gear-cutting machines / G.I. Dzyuba // *Promising Technologies in Mechanical Engineering: Scientific Proceedings*. – Orsk: OSTI Publishers, 2002. – pp. 78.
 6. **Iiyn, N.M.** Analytical computation of bevel gear machining accuracy / N.M. Iiyn // *Machine-tools and Tool*. – No.7. – pp. 33-34.
 7. **Mullabaev, A.A.** Gear-ratio theoretical amount of machine-tool gear trains / A.A. Mullabaev, V.N. Romantsov, N.V. Zurnadzhan, E.A. Zurnadzhan // *Machine-tools and Tool*. – 2013. – No.1. – pp. 26-27.
 8. **Patent RU No. 2717033 C1, IPC В 23 Q 5/12 (2006.01), В 23 Q 5/48 (2006.01), SPC В 23 Q 5/12 (2020.01), В 23 Q 5/48 (2020.01).** *Method of Machine Two-pair Gear Train Change Gear Set Formation* / Fot A.P. (RU); Patent Holder: Ohrenburg State University (RU). – No. 2019106842. – Claimed: 13.03.2019. – Decision to grant patent: 30.01.2020. – Published: 17.03.2020., Bull. No.8.
 9. **Petrik, M.I.** *Tables for Calculation of Cog-Wheel Choice* / M.I. Petrik, V.A. Shishkov. – М.: Book on Request. – 2013. – pp. 527.
 10. **Software for Computation of Gearing, Setup of Gear Hobbers and Gear-shaping Machines, Joint of PC and NC / Setup of Gear Hobbing Machine:** – Text: electronic. – URL: <http://www.pnbgear.narod.ru>. – Publication date: January 27 2013.
 11. **Sandakov, M.V.** *Tables for Gear Choice: Reference Book* / M.V. Sandakov, V.A. Vegner, M.K. Vegner. 6th edition supplemented. – М.: Mechanical Engineering. – 1988. – pp. 571.
 12. **Certificate of software state registration No. 2015611785, the Russian Federation.** “*Machine Two-pair Gear Train*” Program – *Electronic Setup Table*” / Fot A.P., Mochalin A.V.; Copyright holder: FSBEI HVE “Ohrenburg State University”. – No.20146622785; entry date: 11.12.2014; registra-

tion date in Register of Computer Programs: 06.02.2015 – published: 20.03.2015.

13. **Fedoseenko, V.O.** Impact of change gear amount upon error of gear-cutting machine setup / V.O. Fedoseenko // *Machine-tools and Tool.* 2010. – No.12. – pp. 33-36.
14. **Fot, A.P.** Machine rear train assemblage based on updated sets of change gear / A.P. Fot // *Assem-*

blage in Mechanical Engineering, Instrument Making Industry. – 2020. – Vol.21, No.7. – pp. 309-312.

15. **Fradkin, E.I.** Accuracy increase in gear cutting with simple gear teeth number over one hundred / E.I. Fradkin, O.M. Efimova // *Machine-tools and Tool.* – 2009. – No.2. – pp. 8-13.

Ссылка для цитирования:

Фот, А.П. Совершенствование методического обеспечения оперативной наладки универсальных металлорежущих станков авторемонтных предприятий / А.П. Фот, В.И. Рассоха, Е.А. Пеньков // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. - № 6. – С. 36 - 46. DOI: 10.30987/1999-8775-2021-6-36-46.

Статья поступила в редакцию 05.03.21.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета,

Хандожко А.В.,

гл. редактор журнала «Вестник БГТУ».

Статья принята к публикации 25.05.21.

Сведения об авторах:

Фот Андрей Петрович, д.т.н., гл. ученый секретарь Оренбургского государственного университета, e-mail: fot@mail.osu.ru.

Рассоха Владимир Иванович, д.т.н., доцент, декан транспортного факультета Оренбургского государ-

ственного университета, e-mail: cabin2012@yandex.ru.

Пеньков Евгений Александрович, вед. документовед отдела диссертационных советов Оренбургского государственного университета, e-mail: pea-li@mail.ru.

Fot Andrey Petrovich, Dr. Sc. Tech., Chief Academic Secretary, Ohrenburg State University, e-mail: fot@mail.osu.ru.

Rassokha Vladimir Ivanovich, Dr. Sc. Tech., Assiant Prof., Dean of the Transport Faculty, Ohrenburg State University, e-mail: cabin2012@yandex.ru.

Penkov Evgeny Alexandrovich, Leading Documentation Assistant of the Dep. of Thesis Council, Ohrenburg State University, e-mail: pea-li@mail.ru.