

В. В. МЯМЛИН (ДИИТ)

## АНАЛИЗ ТРУДОЁМКОСТЕЙ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ РАБОТ ПРИ ДЕПОВСКОМ РЕМОНТЕ ПОЛУВАГОНОВ

Исследованы трудоёмкости отдельных видов работ при деповском ремонте полувагонов. Показано, что трудоёмкости являются случайными величинами, имеющими довольно широкий размах. Эта особенность вагоноремонтного производства должна обязательно учитываться при организации ремонта вагонов на потоке.

*Ключевые слова:* ремонт вагонов, трудоёмкость, обработка статистических данных, поточный метод

Известно, что технический прогресс в вагонном хозяйстве невозможен без развития вагоноремонтной науки. Развитие же вагоноремонтной науки, в свою очередь, невозможно без хорошо спланированных и поставленных экспериментов, без грамотной обработки их результатов с целью получения наибольшего количества необходимой информации.

Как известно, трудоёмкости ремонта вагонов, даже одного и того же типа, сильно отличаются друг от друга. Это зависит от многих причин, и в первую очередь от модели вагона, срока его службы, условий эксплуатации, качества предыдущих ремонтов и технического обслуживания. В условиях стационарного производства различие в трудоёмкостях ремонта не является определяющим фактором. Но стационарные методы ремонта неэффективны и низкопроизводительны.

Более производительными являются поточные методы. Вместе с тем, величина трудоёмкости ремонта вагонов является определяющим фактором, влияющим на ритмичную работу поточных вагоноремонтных линий. Чтобы правильно организовать ремонт грузовых вагонов на потоке, оптимизировать структуру потока и его основные параметры, необходимо использовать имитационное моделирование на ЭВМ. Для построения моделей в числе первоочередных данных необходимо иметь и достоверную информацию о трудоёмкостях ремонта вагонов.

В 80-х годах рядом авторов проводились определённые исследования в этом направлении.

Так в работе [1] были исследованы трудоёмкости деповского ремонта крытых вагонов. В работе [2] были исследованы фактические затраты труда на поточной линии по ремонту полувагонов на Канашском ВРЗ и на поточных линиях по ремонту автосцепки и люков полувагонов. Результаты [2] показали, что трудоёмко-

сти ремонта на позициях поточных линий подчиняются нормальному закону распределения.

Однако за прошедшие 20...30 лет произошли серьёзные перемены в конструкциях вагонов, на смену старым моделям пришли новые, исчезли вагоны с деревянной обшивкой, изменились условия труда, поменялось технологическое оборудование. Поэтому в настоящее время появилась острая необходимость в исследовании трудоёмкостей ремонта вагонов.

В качестве объектов для исследования трудоёмкостей были выбраны полувагоны, принадлежащие ОАО «ЮГОК», которые проходили деповской ремонт в вагонном депо на ст. Нижнеднепровск-Узел. Анализ проводился как по трём видам ремонтных работ в отдельности: слесарным, газорезательным и электросварочным, так и по суммарной и полной трудоёмкостям. По каждому вагону на основании имеющихся дефектов и норм времени на каждый дефект определялся необходимый объём работ. Норматив времени по дефектам, например, для слесарных работ выбирался согласно типовым нормам времени [3]. Всего было обследовано 125 вагонов. Полученные эмпирические данные по трём видам работ, выполняемых в вагоносборочном участке, представлены в табл. 1.

Учитывая, что слесарные, газорезательные и электросварочные работы на кузове и раме вагонов в депо ст. Нижнеднепровск-Узел выполняются одними и теми же исполнителями (сварщиками), то важно знать и суммарную трудоёмкость этих работ (табл. 2). Остальные работы выполняются другими работниками.

Анализ статистических данных можно производить и вручную, и с использованием, например, программы STATISTICA по методике, изложенной в работах [4–5].

Опишем кратко методику обработки статистических данных на примере полной трудоёмкости.

## Выборочные данные по трудоёмкостям работ, выполняемых при деповском ремонте полувагонов

№ п/п	Номер вагона	Трудоёмкость работ, чел-ч			№ п/п	Номер вагона	Трудоёмкость работ, чел-ч		
		Слесарные	Газорезательные	Электросварочные			Слесарные	Газорезательные	Электросварочные
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	56920499	9,773	0,353	12,612	64	56923592	11,71	1,835	24,366
2	53454484	8,608	8,416	9,254	65	53454765	10,475	9,730	36,720
3	56921695	8,173	1,415	14,992	66	56923899	10,438	5,461	26,108
4	56918097	8,784	0,458	9,901	67	53454690	11,406	2,258	23,989
5	56921497	9,773	1,550	13,830	68	56919996	10,419	2,474	24,663
6	56923295	10,972	0,683	6,072	69	53412953	12,427	4,605	18,806
7	53454575	5,563	2,765	12,030	70	53454492	11,260	3,103	27,433
8	53454872	11,312	8,360	15,804	71	56921398	10,324	2,481	20,773
9	53413803	8,249	6,103	16,726	72	56923097	10,173	3,463	27,269
10	56923394	7,167	2,592	12,621	73	53587317	9,944	1,321	7,849
11	53587408	5,602	5,461	8,645	74	53454898	11,665	3,104	24,070
12	53454625	6,241	6,244	25,135	75	53421805	11,451	5,743	10,399
13	53587424	7,981	3,203	8,006	76	56923691	11,198	2,392	23,799
14	53454567	6,183	4,573	20,352	77	56915895	5,952	5,117	29,608
15	53454732	5,610	4,564	21,654	78	56919798	10,486	2,402	25,338
16	53454526	7,295	3,579	17,772	79	56925191	6,330	5,565	26,192
17	53454617	6,187	6,505	13,356	80	53587168	11,578	6,966	11,803
18	53454914	5,905	6,744	22,689	81	53454724	11,451	3,554	31,599
19	53413688	8,929	5,348	12,419	82	53454609	10,156	3,560	30,665
20	53454641	6,127	5,043	17,128	83	56917891	13,988	6,160	14,501
21	53587903	9,466	11,228	23,672	84	56921794	12,480	3,880	26,170
22	53587341	10,886	6,752	11,664	85	56919491	11,130	3,540	24,600
23	53454963	9,815	3,159	29,492	86	53413746	13,373	11,695	24,255
24	56920291	4,720	4,500	26,100	87	56920192	13,231	7,491	17,631
25	56924996	11,580	7,740	35,000	88	56917990	13,890	8,900	17,165
26	53587150	9,561	12,169	30,419	89	56917792	12,643	1,747	25,104
27	56916091	11,250	4,410	24,530	90	56917693	12,890	2,504	28,739
28	53454922	12,210	4,670	29,500	91	56922792	12,564	2,099	26,692
29	56922990	5,220	4,400	18,270	92	56920994	12,671	1,921	23,293
30	56924699	11,381	3,970	12,880	93	56923493	11,807	1,012	21,812
31	56918394	7,360	3,388	21,727	94	53413308	3,410	6,280	14,360
32	56924392	7,189	2,432	12,281	95	53587267	12,810	10,060	18,840
33	56924897	7,329	7,237	27,834	96	56924194	12,480	5,990	17,770
34	56919897	7,213	1,764	10,287	97	56919590	12,990	5,900	26,520
35	53454971	7,070	4,860	13,761	98	53454674	7,395	4,970	31,057
36	53454864	7,392	4,623	14,998	99	53413902	5,803	5,459	15,305
37	56922693	8,198	4,114	18,240	100	56917396	8,756	3,023	28,780
38	53586913	7,914	4,922	16,291	101	56920093	6,983	2,212	27,993
39	56917495	7,140	4,380	23,980	102	53587036	10,051	3,981	20,328
40	53412771	7,196	6,318	11,031	103	53412763	9,088	4,874	17,300
41	53412854	7,317	3,347	7,142	104	53413571	7,043	7,018	32,145
42	56921091	5,697	2,433	9,125	105	53454591	9,922	4,804	19,483
43	56917297	7,030	6,264	22,422	106	53413456	6,079	6,466	21,373
44	53587374	7,173	3,00	6,940	107	53454518	7,272	3,288	25,092
45	53586756	5,882	4,407	12,088	108	53587853	3,845	6,586	27,037
46	56921190	7,420	2,030	5,760	109	53413373	9,987	4,996	19,611
47	53413639	7,489	6,685	11,009	110	56915390	5,768	6,683	35,865
48	56916497	7,030	6,076	14,926	111	56920697	6,210	3,376	26,941
49	53454831	5,030	2,710	13,880	112	53413506	9,207	5,031	20,174
50	56918592	6,980	3,700	20,567	113	53413167	6,654	7,112	19,924

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
51	56916992	5,826	2,593	10,672	114	56921596	9,813	1,212	18,652
52	56920390	7,298	2,468	15,841	115	53587101	8,279	5,334	16,876
53	53586905	7,623	4,322	14,367	116	53454534	7,041	3,570	26,869
54	53587382	8,136	3,342	11,105	117	56918998	7,043	3,946	23,333
55	53587937	8,319	5,551	13,779	118	53454757	10,153	4,452	25,287
56	53586889	7,502	6,012	14,282	119	53454666	9,773	2,344	23,401
57	53587861	7,344	5,035	10,364	120	56919392	10,126	1,507	22,455
58	56924293	12,182	1,685	24,260	121	53454658	9,950	3,802	27,699
59	53413084	10,657	7,829	22,128	122	53587572	10,057	4,277	15,996
60	56922594	12,087	2,606	17,881	123	53454815	9,194	3,108	25,577
61	56921299	11,023	2,153	25,936	124	56917594	6,674	4,820	26,640
62	56920796	11,615	2,508	24,909	125	53454948	9,906	2,463	25,174
63	53454906	11,617	2,628	28,705					

Таблица 2

Итоговые данные по трудоёмкостям работ

№ п/п	Номер вагона	Трудоёмкость работ, чел-мин		№ п/п	Номер вагона	Трудоёмкость работ, чел-мин	
		Суммарная*	Полная**			Суммарная*	Полная**
1	2	3	4	5	6	7	8
1	56920499	1 364,28	1 790,88	64	56923592	2 274,66	2 701,26
2	53454484	1 576,68	2 003,28	<b>65</b>	53454765	3 415,50	<b>3 842,10</b>
3	56921695	1 474,80	1 901,40	66	56923899	2 520,42	2 947,02
4	56918097	1 148,58	1 575,18	67	53454690	2 259,18	2 685,78
5	56921497	1 509,18	1 935,78	68	56919996	2 253,36	2 679,96
6	56923295	1 063,62	1 490,22	69	53412953	2 150,28	2 576,88
7	53454575	1 221,48	1 648,08	70	53454492	2 507,76	2 934,36
8	53454872	2 128,56	2 555,16	71	56921398	2 014,68	2 441,28
9	53413803	1 864,68	2 291,28	72	56923097	2 454,30	2 880,90
10	56923394	1 342,80	1 769,40	73	53587317	1 146,84	1 573,44
11	53587408	1 182,48	1 609,08	74	53454898	2 330,34	2 756,94
12	53454625	2 257,20	2 683,80	75	53421805	1 655,58	2 082,18
13	53587424	1 151,40	1 578,00	76	56923691	2 243,34	2 669,94
14	53454567	1 866,48	2 293,08	77	56915895	2 440,62	2 867,22
15	53454732	1 909,68	2 336,28	78	56919798	2 293,56	2 720,16
16	53454526	1 718,76	2 145,36	79	56925191	2 285,22	2 711,82
17	53454617	1 562,88	1 989,48	80	53587168	1 820,82	2 247,42
18	53454914	2 120,28	2 546,88	81	53454724	2 796,24	3 222,84
19	53413688	1 601,76	2 028,36	82	53454609	2 662,86	3 089,46
20	53454641	1 697,88	2 124,48	83	56917891	2 078,94	2 505,54
21	53587903	2 661,96	3 088,56	84	56921794	2 551,80	2 978,40
22	53587341	1 758,12	2 184,72	85	56919491	2 356,20	2 782,80
23	53454963	2 547,96	2 974,56	86	53413746	2 959,38	3 385,98
24	56920291	2 119,20	2 545,80	87	56920192	2 301,18	2 727,78
25	56924996	3 259,20	3 685,80	88	56917990	2 397,30	2 823,90
26	53587150	3 128,94	3 555,54	89	56917792	2 369,64	2 796,24
27	56916091	2 411,40	2 838,00	90	56917693	2 647,98	3 074,58
28	53454922	2 782,80	3 209,40	91	56922792	2 481,30	2 907,90
29	56922990	1 673,40	2 100,00	92	56920994	2 273,10	2 699,70
30	56924699	1 693,86	2 120,46	93	56923493	2 077,86	2 504,46
31	56918394	1 948,50	2 375,10	94	53413308	1 443,00	1 869,60
32	56924392	1 314,12	1 740,72	95	53587267	2 502,60	2 929,20
33	56924897	2 544,00	2 970,60	96	56924194	2 174,40	2 601,00
34	56919897	1 155,84	1 582,44	97	56919590	2 724,60	3 151,20
35	53454971	1 541,46	1 968,06	98	53454674	2 605,32	3 031,92
36	53454864	1 620,78	2 047,38	99	53413902	1 594,02	2 020,62
37	56922693	1 833,12	2 259,72	100	56917396	2 433,54	2 860,14

1	2	3	4	5	6	7	8
39	56917495	2 130,00	2 556,60	102	53587036	2 061,60	2 488,20
40	53412771	1 472,70	1 899,30	103	53412763	1 875,72	2 302,32
41	53412854	1 068,36	1 494,96	104	53413571	2 772,36	3 198,96
42	56921091	1 035,30	1 461,90	105	53454591	2 052,54	2 479,14
43	56917297	2 142,96	2 569,56	106	53413456	2 035,08	2 461,68
44	53587374	1 026,78	1 453,38	107	53454518	2 139,12	2 565,72
45	53586756	1 342,62	1 769,22	108	53587853	2 248,08	2 674,68
<b>46</b>	56921190	912,60	<b>1 339,20</b>	109	53413373	2 075,64	2 502,24
47	53413639	1 510,98	1 937,58	110	56915390	2 898,96	3 325,56
48	56916497	1 681,92	2 108,52	111	56920697	2 191,62	2 618,22
49	53454831	1 297,20	1 723,80	112	53413506	2 064,72	2 491,32
50	56918592	1 874,82	2 301,42	113	53413167	2 021,40	2 448,00
51	56916992	1 145,46	1 572,06	114	56921596	1 780,62	2 207,22
52	56920390	1 536,42	1 963,02	115	53587101	1 829,34	2 255,94
53	53586905	1 578,72	2 005,32	116	53454534	2 248,80	2 675,40
54	53587382	1 354,98	1 781,58	117	56918998	2 059,32	2 485,92
55	53587937	1 658,94	2 085,54	118	53454757	2 393,52	2 820,12
56	53586889	1 667,76	2 094,36	119	53454666	2 131,08	2 557,68
57	53587861	1 364,58	1 791,18	120	56919392	2 045,28	2 471,88
58	56924293	2 287,62	2 714,22	121	53454658	2 487,06	2 913,66
59	53413084	2 436,84	2 863,44	122	53587572	1 819,80	2 246,40
60	56922594	1 954,44	2 381,04	123	53454815	2 272,74	2 699,34
61	56921299	2 346,72	2 773,32	124	56917594	2 288,04	2 714,64
62	56920796	2 341,92	2 768,52	125	53454948	2 252,58	2 679,18
63	53454906	2 577,00	3 003,60				

Примечания: \* – суммарная трудоёмкость слесарных, газорезательных и электросварочных работ.

\*\* – здесь дополнительно учтены слесарные работы по ремонту автосцепного оборудования (139,20 чел-мин) и тормозного оборудования (287,4 чел-мин); трудоёмкости этих видов работ являются нормированными и поэтому не исследовались.

Самой простой мерой оценивания является размах. Размах представляет собой разность между наибольшим и наименьшим значениями реализации признака в выборке. Размах варьирования определяется следующим образом

$$R = x_{\max} - x_{\min} . \quad (1)$$

Как видно из табл. 2, наибольшее значение имеет результат 46 ( $x_{\max} = 1339,20$ ), а наименьшее значение имеет результат 65 ( $x_{\min} = 3842,10$ ). После подстановки исходных данных в формулу (1) получим

$$R = 3842,10 - 1339,20 = 2502,9 .$$

Ориентировочное количество интервалов определим согласно правилу Штургеса [6]:

$$k = 1 + 3,32 \lg n = 1 + 3,32 \lg 125 = 7,96$$

Количество интервалов примем равным 7.

Определим ориентировочно длину одного интервала по формуле

$$d = R / k . \quad (2)$$

После подстановки данных в формулу (2) получим:

$$d = 2502,9 / 7 = 357,56 .$$

Пусть имеется целый ряд реализаций  $x_1, x_2, \dots, x_n$  случайной величины  $X$ . Среднее значение наблюдаемого признака определим по следующей формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i m_i, i = \overline{1, n} . \quad (3)$$

Следующим важным показателем является выборочное среднее квадратическое отклонение (эмпирический стандарт), который определяется по формуле:

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} . \quad (4)$$

Далее определяется выборочное значение коэффициента вариации:

$$v = \frac{\bar{s}}{\bar{x}} 100\% . \quad (5)$$

Коэффициент вариации представляет собой меру относительной изменчивости наблюдаемой случайной величины. После подстановки данных из табл. 3 получим  $v = 21,2\%$ .

Как правило, если  $v < 33\%$ , то случайная величина относится к нормальному распределению.

Далее определим моменты третьего и четвёртого порядка по следующим формулам:

$$\mu_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \quad (6)$$

и

$$\mu_4 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4. \quad (7)$$

По такой же методике были определены характеристики эмпирических распределений случайных величин трудоёмкостей по остальным видам работ.

Основные результаты вычислений представлены в табл. 3.

Для лучшей наглядности представим случайные величины трудоёмкостей ремонтных работ в виде гистограмм (рис. 1).

Таблица 3

Основные результаты вычислений

Наименование параметра	Трудоёмкость ремонтных работ в вагоносборочном участке, чел-мин				
	Слесарные	Газорезательные	Электросварочные	Суммарная*	Полная**
Среднее, $\bar{x}$	538,59	266,59	1203,03	2008,22	2434,82
Стандарт, $\bar{s}$	146,87	138,22	428,25	516,52	516,52
Коэффициент вариации, $v$	0,27	0,52	0,356	0,257	0,212
Минимальное значение, $x_{\min}$	204,60	21,18	345,60	912,60	1339,20
Максимальное значение, $x_{\max}$	839,28	730,14	2203,20	3415,50	3842,10
Размах, $R$	634,68	708,96	1857,60	2502,90	2502,90
Медиана, $x_{\text{мед}}$	535,74	259,32	122,12	2075,64	2502,24
Мода, $x_{\text{мод}}$	586,38	327,66	множеств.	множеств.	множеств.
Асимметрия, $\beta_1$	0,059	0,89	-0,024	-0,007	-0,007
Экссесс, $\beta_2$	-0,98	1,09	-0,809	-0,337	-0,337

\*, \*\* – см. Примечания к табл. 2.

Для проверки нормальности распределения воспользуемся методикой среднего абсолютно-го отклонения САО [3].

САО вычисляется по формуле

$$CAO = \sum |x_i - \bar{x}| / n.$$

После подстановки данных получим

$$CAO = 52853, 54/125 = 422,828.$$

Для выборки, которая имеет приближённо нормальный закон распределения, должно быть справедливо выражение

$$|CAO/\bar{s} - 0,7979| < 0,4/\sqrt{n}.$$

После подстановки данных получим:

$$|422,828 / 516,52 - 0,7979| < 0,4/\sqrt{125};$$

$$0,020709 < 0,035777.$$

Таким образом, гипотеза нормальности распределения выборки принимается.

В качестве следующего критерия проверки гипотезы нормального распределения воспользуемся методом размаха варьирования из работы [6]. Определим отношение  $R/\bar{s}$  и сопоставим его с критическими верхними нижними границами этого отношения, приведенными в табл. П8 [7].

Если  $R/\bar{s}$  больше верхней границы или меньше нижней, то гипотеза о нормальном распределении отпадает. Очень важно, чтобы это условие соблюдалось при  $p = 0,10$  (10 %-ный уровень значимости). В нашем случае  $R/\bar{s} = 2502,90 / 516,524 = 4,845$ . При  $n = 125$  и  $p = 0,10$  нижняя и верхняя границы в указанной таблице соответствуют 4,58 и 5,82, т.е.  $4,58 < 4,845 < 5,82$ . Таким образом, гипотеза о нормальном распределении снова подтверждается.

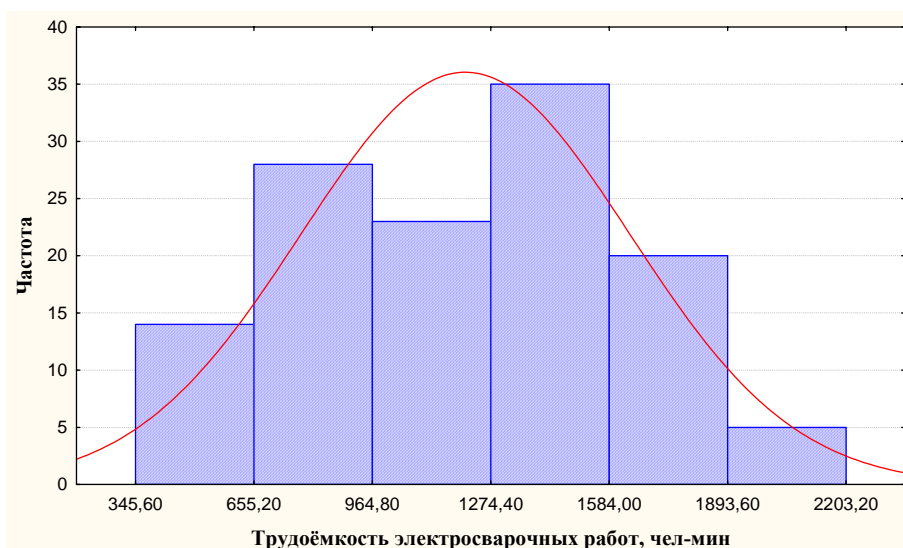
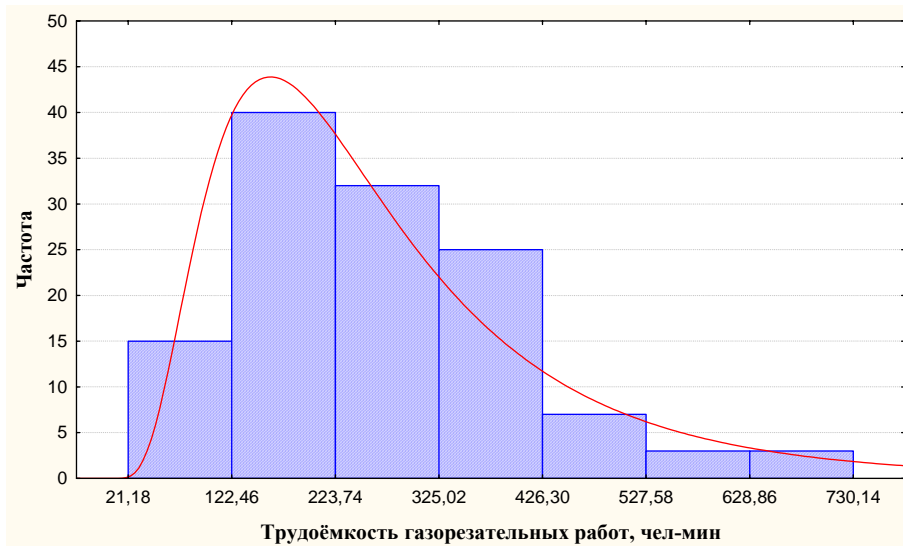
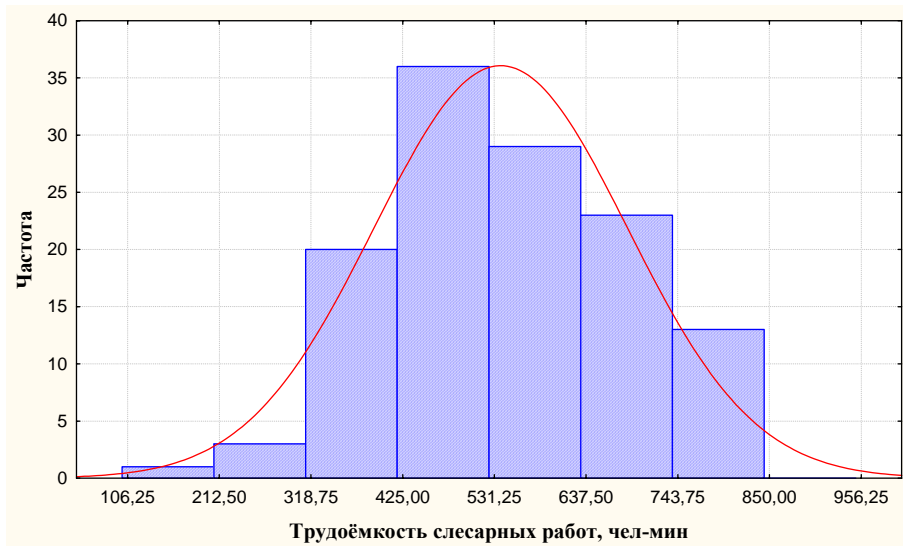
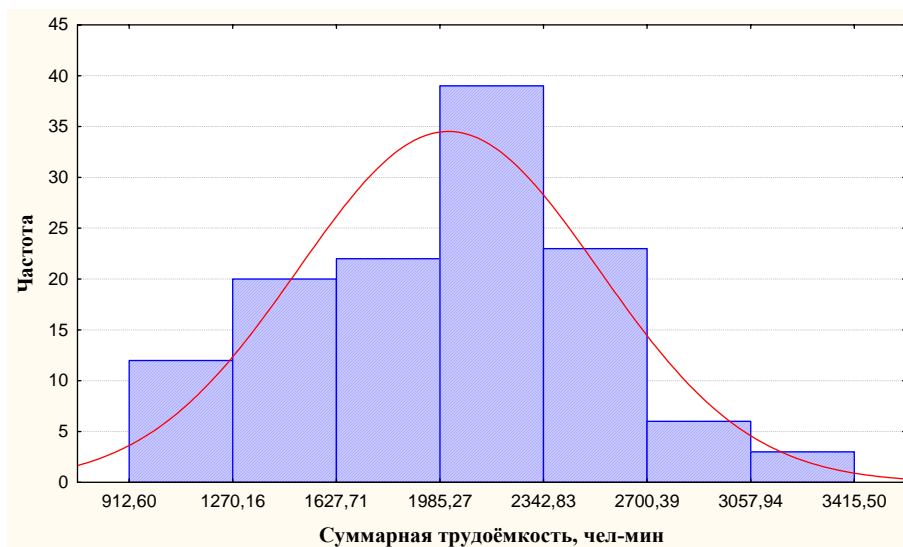
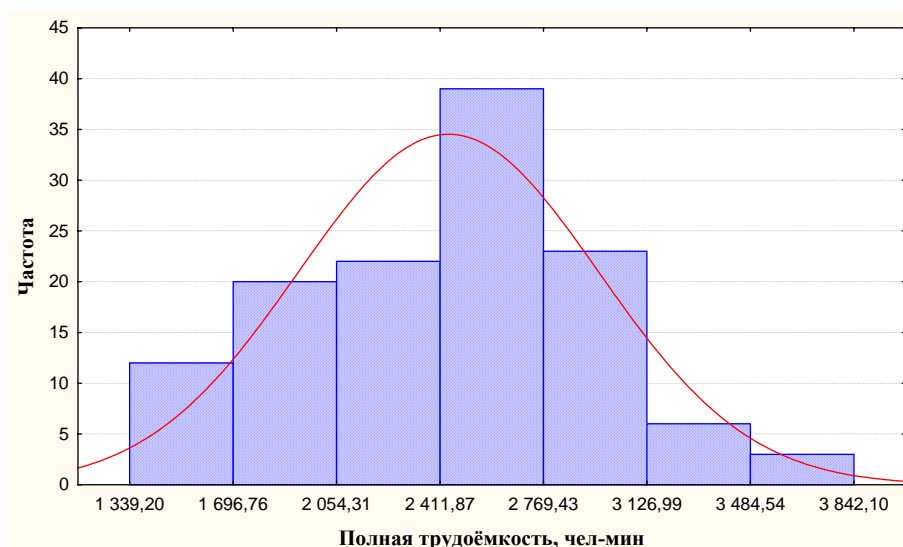


Рис. 1. Гистограммы и плотности распределения трудоёмкостей ремонтных работ на полувагонах: а) слесарные; б) газорезательные; в) электросварочные;



г)



д)

Рис. 1 (продолжение). Гистограммы и плотности распределения трудоёмкостей ремонтных работ на полувагонах: г) общая (с + г + э) ; д) полная

Кроме того, ещё осуществлялась подгонка законов распределения к выборочным данным с помощью программы STATISTICA. Подгонка позволяет оценить степень согласия эмпирических данных с некоторым гипотетическим распределением. Проверка соответствия осуществлялась по критерию  $\chi^2$  («Хи-квадрат»), которому соответствует определённый уровень значимости ( $p$ -уровень). Количество интервалов определялось программой автоматически. Результаты представлены в табл. 4. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что законы распределения трудоёмкостей различных работ, выполняемых при деповском ремонте полувагонов, намного сложнее, чем теоретические законы распределения.

Как правило, более высокий уровень значимости ( $p$ -уровень) соответствует более низкому уровню доверия найденным в выборке результатам. Например,  $p$ -уровень = 0,299 свидетельствует о том, что существует 29,9 % вероятности того, что полученные в выборке зависимости между переменными являются всего лишь случайной особенностью данной выборки, т.е. в 30 случаях из 100 будет ошибка – неправильно выбранная гипотеза.

В настоящее время не существует единых правил, которые могли бы однозначно указать границу годную для всех встречающихся на практике случаев.

Здесь могут иметь место четыре варианта:

1. Гипотеза верна и принимается согласно критерию;

Виды распределения и уровни значимости

Наименование трудоёмкости работ	Закон распределения	Критерий, $\chi^2$	Количество степеней свободы	Уровень значимости, $p$
Слесарные	Нормальный	3,66659	3	0,29979
Газорезательные	Логарифмически-нормальный	11,59246	7	0,11478
Электросварочные	Нормальный	10,94212	5	0,05254
Суммарная	Нормальный	9,88553	7	0,19515
Полная	Нормальный	8,72243	7	0,27320

2. Гипотеза неверна и не принимается согласно;

3. Гипотеза верна, но не принимается согласно критерию (ошибка первого рода);

4. Гипотеза неверна, но принимается согласно критерию (ошибка второго рода).

Принятие правильного решения во многом зависит от интуиции и умения экспериментатора.

Таким образом, фактические трудоёмкости слесарных и электросварочных работ наиболее близки к нормальному закону распределения, а газорезательные – к логарифмически-нормальному, но непосредственно таковыми не являются. Фактические трудоёмкости ремонта носят более сложный характер. Собственно, при организации ремонта вагонов, важно даже не то, какому именно закону распределения подчиняются трудоёмкости ремонтных работ, а важно то, что они имеют большой разброс, который существенно влияет на время выполнения работ, что сказывается на производительности «классического» ремонтного потока. При моделировании трудоёмкости ремонта вагонов лучше всего пользоваться не теоретическими законами распределений, а фактическими эмпирическими данными.

Выполненные исследования наглядно демонстрируют, что трудоёмкости ремонта вагонов являются случайными величинами, имеющей довольно широкий разброс. Исходя из данных табл. 3 можно сделать вывод, что трудоёмкости газорезательных работ на вагонах могут отличаться друг от друга в 34,5 раза, трудоёмкости электросварочных работ – в 6,4 раза, трудоёмкости слесарных работ – в 4,1 раза. Для суммарной и полной трудоёмкостей происходит некоторое выравнивание величин. Тем не менее, и здесь разбросы остаются существенными. Для суммарной трудоёмкости ремонта вагонов разброс составляет 3,74 раза, а для полной – 2,86 раз.

Таким образом, постановка в ремонт на обычный «жёсткий» поток вагонов, имеющих

такой большой диапазон величин трудоёмкостей, будет постоянно вызывать срыв такта поточной линии. Поэтому однозначно можно констатировать, что «жёсткая» структура потока, принятая в своё время во всех вагонных депо, перешедших на поточный метод ремонта вагонов, является далеко не идеальным решением организации вагоноремонтного процесса.

Такой большой разброс трудоёмкостей ремонтных работ свидетельствует о том, что промышленные методы ремонта вагонов, в частности, ремонт вагонов на поточных линиях, требует особого подхода к своей организации. «Жёсткие» потоки не смогут ритмично и эффективно функционировать в связи с невозможностью полной синхронизации времени выполнения работ на разных позициях. К тому же это подтверждают и результаты уже внедрённых в производство поточных линий. Постоянный сбой такта приводит к тому, что предприятия возвращаются либо к стационарному методу ремонта, либо переходят к «полужёсткому» потоку. Многие предприятия для выравнивания трудоёмкостей ремонтных работ для вагонов с повышенными объёмами организуют так называемые «уровнительные позиции», на которых вагоны при помощи стационарного метода ремонта пытаются «подогнать» под «норму». При использовании же гибких асинхронных потоков этого делать не надо. Вагон вне зависимости от величины фактической трудоёмкости ремонта сразу же поступает в общий ремонтный поток.

Вероятностная природа вагоноремонтного производства требует специальных подходов к организации ремонта вагонов на потоке. И одним из возможных решений, нивелирующих этот фактор, может стать использование гибких асинхронных потоков [9–11].

При моделировании движения вагонов между позициями необходимо использовать математические модели продолжительности выполнения работ на отдельных позициях. В качестве базы для математических моделей могут ис-



пользоваться полученные статистические данные, которые будут случайным образом имитироваться при помощи ЭВМ.

Таким образом, учитывая большой разброс трудоёмкостей ремонта полувагонов, для более эффективного использования в производственном процессе рабочих и технологического оборудования, необходим гибкий асинхронный поток, обеспечивающий с одной стороны мультифазность обслуживания, а с другой – позволяющий каждому вагону находиться в ремонте ровно столько времени, сколько потребуется для его восстановления.

Дальнейшие исследования по совершенствованию организации ремонта вагонов должны вестись в области изучения времени выполнения ремонтных работ на отдельных позициях с целью создания перспективных вагоноремонтных предприятий с оптимальными параметрами и структурой гибкого потока.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бугаев, В. П. Совершенствование организации ремонта вагонов (системный подход) [Текст] / В. П. Бугаев. – М.: Транспорт, 1982. – 152 с.
2. Скиба, И. Ф. Комплексно-механизированные поточные линии в вагоноремонтном производстве [Текст] / И. Ф. Скиба, В. А. Ёжиков. – М.: Транспорт, 1982. – 136 с.
3. Типові норми часу на слюсарні роботи при деповському ремонті вантажних вагонів [Текст] / № 581-ЦЗ, затв. 03.12.2003. – К., 2004. – 157 с.

4. Боровиков, В. П. Популярное введение в программу STATISTICA [Текст] / В. П. Боровиков. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 267 с.
5. Боровиков, В. П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов [Текст] / В. П. Боровиков. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
6. Закс, Л. Статистическое оценивание [Текст] / Л. Закс. – М.: Статистика, 1976. – 598 с.
7. Львовский, Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул [Текст] / Е. Н. Львовский. – М.: Высш. шк., 1988. – 239 с.
8. Румшинский, Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента [Текст] / Л. З. Румшинский. – М.: Наука, 1971. – 192 с.
9. Мямлин, В. В. Совершенствование поточного метода ремонта вагонов за счёт гибкости транспортной системы между технологическими модулями [Текст] / В. В. Мямлин // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 4. – С. 15–17.
10. Мямлин, В. В. Анализ основных параметров асинхронного гибкого потока ремонта вагонов и методы их расчёта [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 26. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2009. – С. 28–33.
11. Мямлин, В. В. Компонентные решения организационно-технологических структур перспективных вагоноремонтных депо с асинхронными гибкими потоками ремонта вагонов [Текст] / В. В. Мямлин // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 31. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2010. – С. 55–62.

Поступила в редколлегию 14.11.2011.

Принята к печати 23.11.2011.

В. В. МЯМЛИН

## АНАЛІЗ ТРУДОМІСТКОСТЕЙ ОКРЕМИХ ВИДІВ РОБІТ ПРИ ДЕПОВСЬКОМУ РЕМОНТІ ПІВВАГОНІВ

Досліджено трудомісткості окремих видів робіт при деповському ремонті піввагонів. Показано, що трудомісткості є випадковими величинами, які мають дуже широкий розмах. Ця особливість вагоноремонтного виробництва повинна обов'язково враховуватися при організації ремонту вагонів на потоці.

*Ключові слова:* ремонт вагонів, трудомісткість, обробка статистичних даних, потоковий метод

V. V. MYAMLIN

## LABOUR INTENSITY ANALYSIS OF CERTAIN WORKS DURING REPAIR OF OPEN CARS IN DEPOT

Labor-intensity of various types of works during repair of open cars in depot is investigated. It is shown that the repair labor-intensity of are random variables, which have a wide spread. This factor of car repair production must be taken into account during organization of cars stream repair.

*Keywords:* repair of cars, labor intensity, processing of statistical data, stream method