

УДК 629.785

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ВОДОЛАЗНЫХ РАБОТ, ПРОВОДИМЫХ В ХОДЕ  
ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ  
К ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (Часть 2)**  
Е.Ю. Иродов, А.А. Алтунин, П.П. Долгов, В.С. Коренной

Канд. техн. наук Е.Ю. Иродов; А.А. Алтунин;  
канд. техн. наук П.П. Долгов; канд. техн. наук В.С. Коренной  
(ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина»)

В статье представлены результаты статистической обработки показателей водолазных работ, выполняемых в ФГБУ «НИИ ЦПК имени Ю.А. Гагарина» в процессе проведения испытательно-тренировочных работ в интересах подготовки космонавтов к внекорабельной деятельности.

**Ключевые слова:** показатели водолазных работ, испытательно-тренировочный комплекс «Гидролаборатория», космонавт, водолаз, водолазные работы, водолазные спуски, подготовка космонавтов, внекорабельная деятельность, скафандр

**Statistical Analysis of the Indicators of Diving Operations  
Performed During Cosmonaut Training for Extravehicular Activity  
(Part 2). E.Yu. Irodov, A.A. Altunin, P.P. Dolgov, V.S. Korennoy**

The paper gives the results of statistical processing of the indicators of diving operations that are being performed at the “Yu.A. Gagarin R&T CTC” FSBO during testing and training of cosmonauts for extravehicular activity.

**Keywords:** indicators of diving operations, Weightless Environment Training Facility, cosmonaut, diver, diving works, diving, cosmonaut training, extravehicular activity, spacesuit

**Показатели объема подводных работ ИТБ  
при выполнении одной ВР**

В качестве показателей, характеризующих потребный объем трудозатрат ВР для выполнения одной ИТР всеми работающими под водой специалистами, использовались: количество одновременно работающих под водой человек, количество выполненных ими водолазных спусков и времени работы под водой в течение одного дня работы.

**Анализ суммарных значений количества водолажных спусков,  
затраченных на выполнение одной работы**

Результаты расчета числовых характеристик выборок для значений количества водолажных спусков основных видов ИТР и соответствующие им диаграммы размаха представлены в табл. 1, а их частоты распределения

показаны в виде гистограмм на рис. 1. При этом в табл. 1 и далее по тексту для обозначения единиц измерения показателей, измеряемых количеством спусков и количеством человек используются, соответственно, обозначения «сп.» и «чел.».

Таблица 1

Выборочные характеристики распределений показателя СумСп1

Статистика	Вид ИТР			Диаграмма размаха
	ИСК	ТСК	ПТР	
Среднее арифметическое, сп.	32,5	37,1	19,7	
Стандартная ошибка среднего, сп.	1,3	0,5	1,4	
Медиана, сп.	32	38	18	
Мода, сп.	32	38	16	
Стандартное отклонение, сп.	6,2	4,6	10,0	
Дисперсия выборки, сп. <sup>2</sup>	38,2	20,9	100,7	
Экцесс	-0,96	-0,37	-0,61	
Асимметричность	0,31	-0,36	0,49	
Интервал, сп.	19	20	38	
Минимум, сп.	24	26	6	
Максимум, сп.	43	46	44	
Счет	22	84	50	
Доверительный интервал (p = 95,0 %), сп.	3	1	–	
Первый квартиль, сп.	28	34	12	
Третий квартиль, сп.	36	40	27	
Межквартильный интервал, сп.	8	6	15	
Коэффициент вариации, %	19	12	51	



Рис. 1. Суммарное количество водолазных спусков за одну работу

Для проверки гипотезы о нормальном распределении показателей СумСп1 при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  с использованием функции *shapiro.test()* определены значения тестовых статистик и наблюдаемых уровней значимости. Для ИСК –  $W = 0,9301$ ,  $p = 0,1231$ ; для ТСК –  $W = 0,9774$ ,  $p = 0,1455$ ; для ПТР –  $W = 0,9397$ ,  $p = 0,01314$ .

На имеющихся данных, на уровне значимости 5 % для ИСК и ТСК, нет оснований отвергнуть нулевую гипотезу в пользу альтернативы ( $p > \alpha$ ), а в случае ПТР ( $p < \alpha$ ) имеются основания в пользу принятия альтернативной гипотезы об отличии распределения от нормального.

Диаграмма размаха (табл. 1) наглядно демонстрирует, что количество водолазных спусков, выполняемых при проведении тренировок и испытаний, существенно выше, чем при ПТР. При этом значения характеристик  $X_{\min}$ ,  $X_{\max}$ ,  $Me$  и  $\bar{x}$  показателя СумСп1 при тренировках несколько выше, чем значения аналогичных характеристик при испытаниях.

Наибольшее рассеяние ( $S$ ,  $S^2$ ,  $R$ ,  $IQR$ ,  $CV$ ) значений показателя СумСп1 наблюдается для ПТР, при этом значение коэффициента вариации  $CV = 51\%$  свидетельствует о неоднородности совокупности данных, полученных для этого вида работ. Распределение этого показателя для ИСК и ТСК имеет средний уровень вариации, при этом для данных по тренировкам наблюдается несколько большее рассеяние, чем при испытаниях.

Для всех анализируемых видов ИТР наблюдается умеренная асимметрия, при этом для ТСК имеет место левосторонняя, а для ИСК и ПТР – правосторонняя асимметрия.

Применив правила округления, установленные методикой проведения исследований для выбора медианного значения показателя СумСп1, и вычислив границы его доверительного интервала при уровне доверия  $95\%$ , получаем следующие значения показателей:  $СумСп1_{ИСК} = 32$  (28; 36) сп.;  $СумСп1_{ТСК} = 38$  (36; 39) сп.;  $СумСп1_{ПТР} = 18$  (14; 24) сп.

#### **Анализ суммарных значений времени водолазных спусков, затраченных на выполнение одной работы**

Результаты расчета числовых характеристик выборки для показателя суммарного количества времени водолазных спусков, затраченного на выполнение одной работы для основных видов ИТР и соответствующие диаграммы размаха представлены в табл. 2, а их частоты распределения представлены в виде гистограмм на рис. 2.

Для проверки гипотезы о нормальном распределении показателей СумВр1 при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  с использованием функции *shapiro.test()* определены значения тестовых статистик и наблюдаемых уровней значимости. Для ИСК –  $W = 0,9789$ ,  $p = 0,8975$ ; для ТСК –  $W = 0,9912$ ,  $p = 0,8463$ ; для ПТР –  $W = 0,9517$ ,  $p = 0,0402$ .

На имеющихся данных, на уровне значимости  $5\%$  для ИСК и ТСК нет оснований отвергнуть нулевую гипотезу в пользу альтернативы ( $p > \alpha$ ), а в случае ПТР ( $p < \alpha$ ) имеются основания в пользу принятия альтернативной гипотезы об отличии распределения от нормального.

Как видно из табл. 2, наибольшее суммарное количество времени водолазных спусков ( $\bar{x}_{ТСК} = 58,6$ ;  $Me_{ТСК} = 58,2$ ) затрачивается при проведении тренировок космонавтов в скафандрах; при испытаниях в скафандрах в среднем затрачивалось на  $8,6$  часа меньше ( $\bar{x}_{ИСК} = 50,0$ ;  $Me_{ИСК} = 52,1$ ), чем при тренировках, а при выполнении подводно-технических работ этот показатель имеет наименьшее значение ( $\bar{x}_{ПТР} = 22,7$ ;  $Me_{ПТР} = 22,7$ ).

Таблица 2

Выборочные характеристики распределений показателя СумВр1

Статистика	Вид ИТР			Диаграмма размаха
	ИСК	ТСК	ПТР	
Среднее, ч	50,0	58,6	22,7	
Стандартная ошибка среднего, ч	1,9	0,9	1,3	
Медиана, ч	52,1	58,2	22,7	
Мода, ч	#Н/Д	#Н/Д	24,6	
Стандартное отклонение, ч	8,8	8,3	9,5	
Дисперсия выборки, ч <sup>2</sup>	77,4	68,3	90,9	
Экссесс	0,33	-0,16	-0,92	
Асимметричность	-0,25	0,13	0,14	
Интервал, ч	38,2	38,2	35,0	
Минимум, ч	29,7	40,1	7,8	
Максимум, ч	67,9	78,3	42,8	
Счет	22	84	50	
Доверительный интервал (p = 95,0 %), ч	3,9	1,8	–	
Первый квартиль, ч	43,5	53,5	14,4	
Третий квартиль, ч	55,7	63,7	30,0	
Межквартильный интервал, ч	12,2	10,2	15,6	
Коэффициент вариации, %	18	14	42	

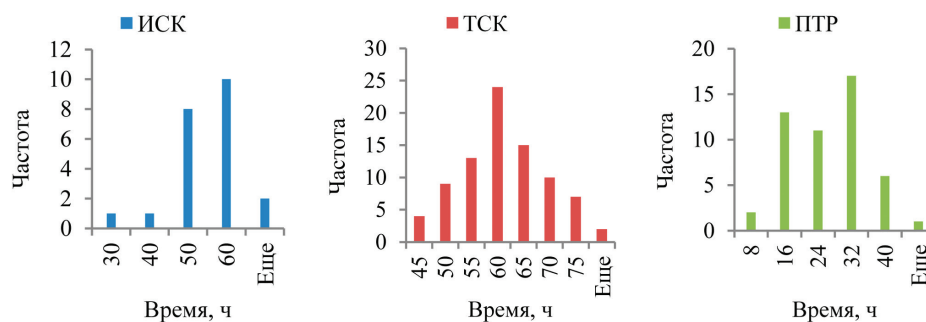


Рис. 2. Суммарное время водолазных спусков за одну работу

Наибольшее рассеяние ( $S$ ,  $S^2$ ,  $R$ ,  $IQR$ ,  $CV$ ) данных для показателя суммарного количества времени водолазных спусков, как и для показателя суммарного количества водолазных спусков, наблюдается при ПТР. При этом значение коэффициента вариации  $CV = 41\%$  свидетельствует о неоднородности совокупности данных, полученных для этого вида работ; при ИСК и ТСК имеет место средний уровень вариации.

Для всех анализируемых видов ИТР наблюдается незначительная асимметрия данных, при этом для ИСК имеет место левосторонняя, а для ТСК и ПТР – правосторонняя асимметрия.

В качестве обобщающего значения показателей СумВр1 для ИСК и ТСК принимаем их средние арифметические значения, а для ПТР – значение медианы:  $\text{СумВр1}_{\text{ИСК}} = 50,0 \pm 3,9$  ч;  $\text{СумВр1}_{\text{ТСК}} = 58,6 \pm 1,8$  ч;  $\text{СумВр1}_{\text{ПТР}} = 22,7$  (19,2; 28,4) ч.

### Анализ значений количества одновременно работающих под водой человек в одной работе

Результаты расчета числовых характеристик выборок для показателей количества одновременно работающих под водой человек, участвующих в одной работе для основных видов ИТР, и соответствующие им диаграммы размаха представлены в табл. 3, а их частоты распределения представлены в виде гистограмм на рис. 3.

Таблица 3

Выборочные характеристики распределений показателя КЧ

Статистика	Вид ИТР			Диаграмма размаха
	ИСК	ТСК	ПТР	
Среднее, чел.	12,8	13,9	8,8	
Стандартная ошибка среднего, чел.	0,37	0,13	0,37	
Медиана, чел.	13	14	9	
Мода, чел.	13	14	9	
Стандартное отклонение, чел.	1,7	1,2	2,6	
Дисперсия выборки, чел. <sup>2</sup>	3,0	1,5	6,9	
Экссесс	0,005	-0,24	-0,27	
Асимметричность	0,55	-0,35	-0,07	
Интервал, чел.	7	5	12	
Минимум, чел.	10	11	3	
Максимум, чел.	17	16	15	
Счет	22	84	50	
Доверительный интервал (p = 95,0 %), чел.	0,8	–	0,7	
Первый квартиль, чел.	11	13	7	
Третий квартиль, чел.	14	15	11	
Межквартильный интервал, чел.	3	2	4	
Коэффициент вариации, %	14	9	30	

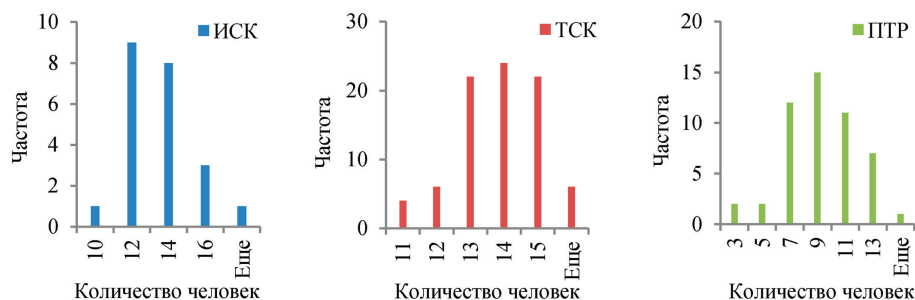


Рис. 3. Суммарное количество человек под водой за одну работу

Для проверки гипотезы о нормальном распределении показателей КЧ при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  с использованием функции *shapiro.test()* определены значения тестовых статистик и наблюдаемых уровней значимости. Для ИСК –  $W = 0,9455$ ,  $p = 0,2568$ ; для ТСК –  $W = 0,9256$ ,  $p = 0,00012$ ; для ПТР –  $W = 0,9718$ ,  $p = 0,2733$ .

На имеющихся данных, на уровне значимости 5 % для ИСК и ПТР нет оснований отвергнуть нулевую гипотезу в пользу альтернативы ( $p > \alpha$ ), а в случае ТСК ( $p < \alpha$ ) имеются основания в пользу принятия альтернативной гипотезы об отличии распределения от нормального.

Как видно из табл. 3, наибольшее количество человек, работающих под водой ( $\bar{x}_{\text{ТСК}} = 13,9$ ;  $Me_{\text{ТСК}} = 14$ ) зафиксировано при проведении ТСК; при ИСК в среднем требовалось на 1 человека меньше ( $\bar{x}_{\text{ИСК}} = 12,8$ ;  $Me_{\text{ИСК}} = 13$ ), чем при тренировках, а при выполнении ПТР этот показатель имеет наименьшее значение ( $\bar{x}_{\text{ПТР}} = 8,8$ ;  $Me_{\text{ПТР}} = 9$ ).

Наибольшее рассеяние ( $S$ ,  $S^2$ ,  $R$ ,  $IQR$ ,  $CV$ ) данных для показателя количества человек, одновременно работающих под водой, как и для показателя суммарного количества водолазных спусков и времени их выполнения, наблюдается при ПТР. При этом значение коэффициента вариации  $CV = 30\%$  свидетельствует о сильной вариации совокупности данных, полученных для этого вида работ. При ИСК имеет место средний уровень вариации, а при ТСК – слабый уровень вариации совокупности данных.

Для ИСК наблюдается существенная правосторонняя асимметрия, для ТСК – умеренная левосторонняя асимметрия, а для ПТР – незначительная левосторонняя асимметрия.

Отрицательные значения эксцесса для ТСК и ПТР свидетельствуют о плосковершинном распределении данных, а значение эксцесса для ИСК близко к значению эксцесса нормального распределения.

Применив правила округления, установленные методикой проведения исследований для выбора медианного значения показателя КЧ, и вычислив границы его доверительного интервала при уровне доверия 95 %, получаем следующие значения показателей:  $KЧ_{\text{ИСК}} = 13$  (11; 14) чел.,  $KЧ_{\text{ТСК}} = 14$  (14; 14) чел.,  $KЧ_{\text{ПТР}} = 9$  (8; 13) чел.

### **Анализ нагрузки на одного человека, работающего под водой**

В качестве показателей, характеризующих объем водолажных работ, выполняемых одним работающим под водой специалистом, использовались количество водолажных спусков в легководолажном снаряжении (ЛВС) и время работы под водой одного человека в ЛВС и в скафандре в течение одного дня работы.

#### ***Анализ количества спусков под воду одного человека в водолажном снаряжении в течение одного дня работы***

Результаты расчета числовых характеристик выборок для показателей количества спусков под воду одного человека, снаряженного в ЛВС, в течение одного дня работы для основных видов ИТР и соответствующие им диаграммы размаха представлены в табл. 4, а их частоты распределения представлены в виде гистограмм на рис. 4.

Таблица 4

## Выборочные характеристики распределений показателя СпЛ1

Статистика	Вид ИТР			Диаграмма размаха
	ИСК	ТСК	ПТР	
Среднее, сп.	2,8	3,0	2,2	
Стандартная ошибка среднего, сп.	0,03	0,02	0,04	
Медиана, сп.	3	3	2	
Мода, сп.	3	3	2	
Стандартное отклонение, сп.	0,52	0,55	0,8	
Дисперсия выборки, сп. <sup>2</sup>	0,27	0,30	0,6	
Экссесс	1,22	1,46	-0,12	
Асимметричность	-0,03	-0,13	0,44	
Интервал, сп.	3	4	3	
Минимум, сп.	2	1	1	
Максимум, сп.	5	5	4	
Счет	237	998	436	
Доверительный интервал (p = 95,0 %), сп.	–	–	–	
Первый квартиль, сп.	3,7	3,0	2	
Третий квартиль, сп.	4,2	3,0	3	
Межквартильный интервал, сп.	0,5	0	1	
Коэффициент вариации, %	18	19	36	

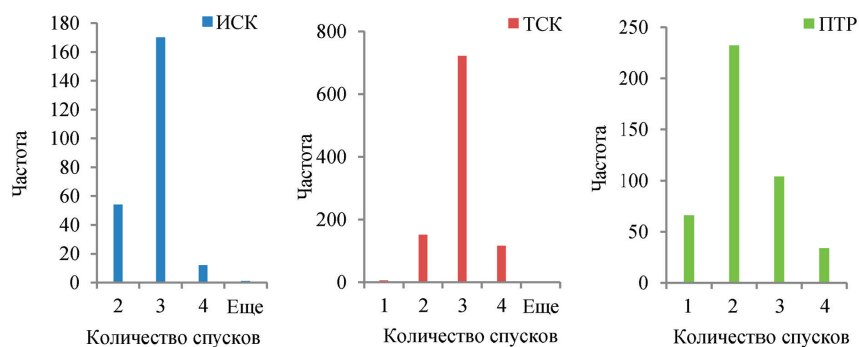


Рис. 4. Суммарное количество спусков в ЛВС одного человека за одну работу

Для проверки гипотезы о нормальном распределении показателей СпЛ1 при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  с использованием функции *shapiro.test()* определены значения тестовых статистик и наблюдаемых уровней значимости. Для ИСК –  $W = 0,679$ ,  $p = 0 (< 0,0001)$ ; для ТСК –  $W = 0,719$ ,  $p = 0 (< 0,0001)$ ; для ПТР –  $W = 0,843$ ,  $p = 0 (< 0,0001)$ .

На имеющихся данных, на уровне значимости 5 % для ИСК, ТСК и ПТР имеются основания ( $p < \alpha$ ) в пользу принятия альтернативной гипотезы об отличии распределения от нормального.

Как видно из табл. 4 количество спусков под воду одного человека в ЛВС в течение одного дня работы при проведении ТСК и при ИСК практически совпадают ( $\bar{x}_{ТСК} = 3,0$ ;  $Me_{ТСК} = 3$ ;  $\bar{x}_{ИСК} = 2,8$ ;  $Me_{ИСК} = 3$ ), а при выполнении ПТР этот показатель меньше на один спуск ( $\bar{x}_{ПТР} = 2,2$ ;  $Me_{ПТР} = 2$ ). При



этом максимально допустимое количество водолазных спусков на глубину до 12 м равное шести спускам не было превышено ни для одного вида ИТР.

Наибольшее рассеяние ( $S$ ,  $S^2$ ,  $R$ ,  $IQR$ ,  $CV$ ) данных для показателя количества спусков под воду одного человека в ЛВС в течение одного дня работы наблюдается при ПТР. При этом значение коэффициента вариации  $CV = 36\%$  свидетельствует об очень сильной вариации совокупности данных, полученных для этого вида работ. При ИСК и ТСК имеет место средний уровень вариации.

Для ИСК и ТСК наблюдается незначительная левосторонняя асимметрия, а для ПТР – умеренная правосторонняя асимметрия.

Положительные значения эксцесса для ИСК и ТСК свидетельствуют об островершинном распределении данных, а отрицательное значение эксцесса для ПТР указывает на плосковершинное распределение.

Применив правила округления, установленные методикой проведения исследований для выбора медианного значения показателя  $SpL1$ , и вычислив границы его доверительного интервала при уровне доверия  $95\%$ , получаем следующие значения показателей:  $SpL1_{ИСК} = 3 (3; 3)$  сп.;  $SpL1_{ТСК} = 3 (3; 3)$  сп.;  $SpL1_{ПТР} = 2 (2; 2)$  сп.

#### **Анализ значений времени работы под водой одного человека в водолажном снаряжении в течение одного дня работы**

Результаты расчета числовых характеристик выборок для показателей времени работы под водой одного человека в ЛВС в течение одного дня работы для основных видов ИТР и соответствующие им диаграммы размаха представлены в табл. 5, а их частоты распределения представлены в виде гистограмм на рис. 5.

Таблица 5

Выборочные характеристики распределений показателя ВрЛ1

Статистика	Вид ИТР			Диаграмма размаха
	ИСК	ТСК	ПТР	
Среднее, ч	3,93	4,2	2,6	
Стандартная ошибка среднего, ч	0,03	0,02	0,03	
Медиана, ч	4,02	4,3	2,6	
Мода, ч	4,08	4,8	2,3	
Стандартное отклонение, ч	0,54	0,61	0,68	
Дисперсия выборки, ч <sup>2</sup>	0,29	0,37	0,46	
Эксцесс	2,15	3,45	0,58	
Асимметричность	-1,05	-0,99	0,33	
Интервал, ч	3,33	5	3,8	
Минимум, ч	1,75	0,4	0,7	
Максимум, ч	5,08	5,4	4,5	
Счет	237	998	436	
Доверительный интервал ( $p = 95,0\%$ ), ч	–	–	–	
Первый квартиль, ч	3,7	3,9	2,2	
Третий квартиль, ч	4,2	4,7	3,0	
Межквартильный интервал, ч	0,5	0,8	0,8	
Коэффициент вариации, %	14	14	26	



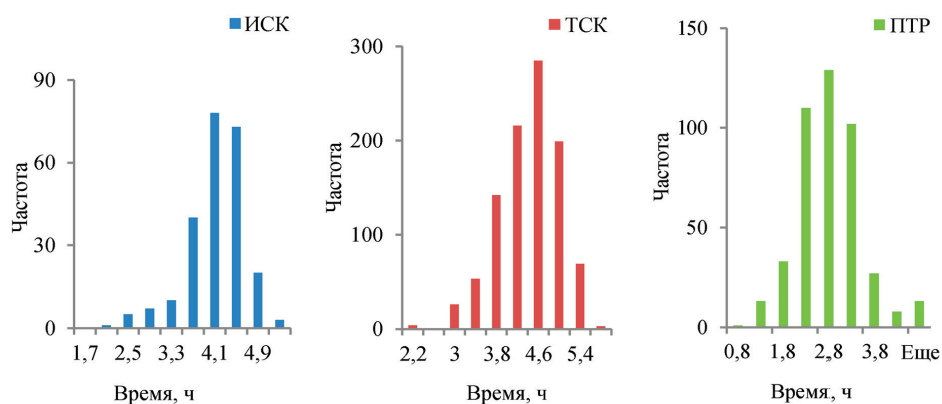


Рис. 5. Суммарное количество времени спусков в ЛВС одного человека за одну работу

Для проверки гипотезы о нормальном распределении показателей ВрЛ1 при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  с использованием функции *shapiro.test()* определены значения тестовых статистик и наблюдаемых уровней значимости. Для ИСК –  $W = 0,932$ ,  $p = 0$  ( $< 0,0001$ ); для ТСК –  $W = 0,953$ ,  $p = 0$  ( $< 0,0001$ ); для ПТР –  $W = 0,979$ ,  $p = 0$  ( $< 0,0001$ ).

На имеющихся данных, на уровне значимости 5 % для ИСК, ТСК и ПТР имеются основания ( $p < \alpha$ ) в пользу принятия альтернативной гипотезы об отличии распределения показателей ВрЛ1 от нормального.

Как видно из табл. 5 время спусков под воду одного человека в ЛВС в течение одного дня работы при проведении тренировок космонавтов в скафандрах и при испытаниях в скафандрах отличается незначительно ( $\bar{x}_{ТСК} = 4,2$ ;  $Me_{ТСК} = 4,3$ ;  $\bar{x}_{ИСК} = 2,93$ ;  $Me_{ИСК} = 4,02$ ), а при выполнении ПТР этот показатель существенно меньше ( $\bar{x}_{ПТР} = 2,6$ ;  $Me_{ПТР} = 2,6$ ). При этом максимально допустимое время погружения водолазов за один рабочий день равно шести часам на глубину до 12 м не было превышено ни для одного вида ИТР.

Наибольшее рассеяние ( $S$ ,  $S^2$ ,  $R$ ,  $IQR$ ,  $CV$ ) данных для показателя времени спусков под воду одного человека в ЛВС в течение одного дня работы, как и для показателя количества водолазных спусков, наблюдается при ПТР. При этом значение коэффициента вариации  $CV = 26$  % свидетельствует о сильной вариации совокупности данных, полученных для этого вида работ. При ИСК и ТСК имеет место средний уровень вариации.

Для данных при ИСК и ТСК наблюдается существенная левосторонняя асимметрия, а для ПТР – умеренная правосторонняя асимметрия.

Применив правила округления, установленные методикой проведения исследований для выбора медианного значения показателя ВрЛ1, и вычислив границы его доверительного интервала при уровне доверия 95 %, получаем следующие значения показателей:  $ВрЛ1_{ИСК} = 4,02$  (3,95; 4,08) ч;  $ВрЛ1_{ТСК} = 4,30$  (4,25; 4,37) ч;  $ВрЛ1_{ПТР} = 2,58$  (2,50; 2,65) ч.

**Анализ времени одного водолазного спуска в ЛВС**

Результаты расчета числовых характеристик выборок для показателей времени одного водолазного спуска в ЛВС для основных видов ИТР и соответствующие им диаграммы размаха представлены в табл. 6, а их частоты распределения представлены в виде гистограмм на рис. 6.

Таблица 6

Выборочные характеристики распределений показателя ВрЛ

Статистика	Вид ИТР			Диаграмма размаха
	ИСК	ТСК	ПТР	
Среднее, ч	1,39	1,430	1,156	
Стандартная ошибка среднего, ч	0,02	0,008	0,010	
Медиана, ч	1,42	1,433	1,150	
Мода, ч	1,50	1,333	1,000	
Стандартное отклонение, ч	0,45	0,445	0,324	
Дисперсия выборки, ч <sup>2</sup>	0,20	0,198	0,105	
Экссесс	0,47	0,567	1,196	
Асимметричность	-0,08	-0,087	0,557	
Интервал, ч	3,03	3,717	2,150	
Минимум, ч	0,12	0,133	0,100	
Максимум, ч	3,15	3,850	2,250	
Счет	670	2953	978	
Доверительный интервал (p = 95,0%), ч	–	–	–	
Первый квартиль, ч	1,10	1,17	1,00	
Третий квартиль, ч	1,67	1,73	1,33	
Межквартильный интервал, ч	0,57	0,56	0,33	
Коэффициент вариации, %	32	31	28	

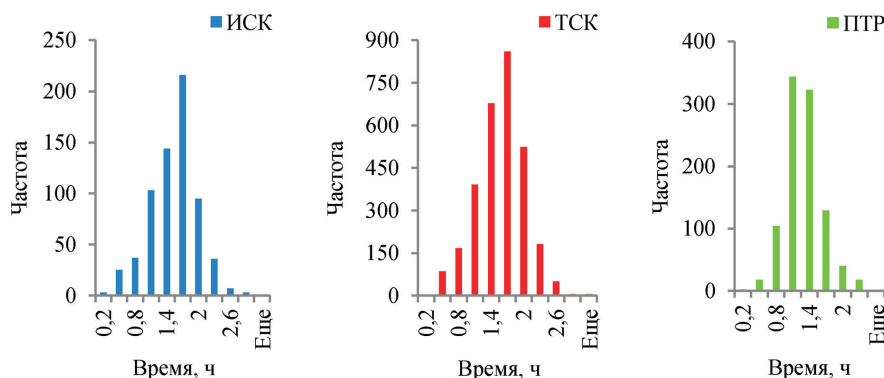


Рис. 6. Время одного водолазного спуска в ЛВС

Для проверки гипотезы о нормальном распределении показателей ВрЛ при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  с использованием функции *shapiro.test()* определены значения тестовых статистик и наблюдаемых уровней значимости. Для ИСК –  $W = 0,991$ ,  $p = 0 (< 0,0001)$ ; для ТСК –  $W = 0,992$ ,  $p = 0 (< 0,0001)$ ; для ПТР –  $W = 0,970$ ,  $p = 0 (< 0,0001)$ .

На имеющихся данных, на уровне значимости 5 % для ИСК, ТСК и ПТР имеются основания ( $p < \alpha$ ) в пользу принятия альтернативной гипотезы об отличии распределения показателей ВрЛ от нормального.

Как видно из табл. 6 время одного водолазного спуска в ЛВС при проведении ТСК и при ИСК отличаются незначительно ( $\bar{x}_{\text{ТСК}} = 1,430$ ;  $Me_{\text{ТСК}} = 1,433$ ;  $\bar{x}_{\text{ИСК}} = 1,39$ ;  $Me_{\text{ИСК}} = 1,42$ ), а при выполнении ПТР этот показатель существенно меньше ( $\bar{x}_{\text{ПТР}} = 1,156$ ;  $Me_{\text{ПТР}} = 1,150$ ).

Для всех видов работ наблюдается значительное рассеяние ( $S$ ,  $S^2$ ,  $R$ ,  $IQR$ ,  $CV$ ) данных для показателя ВрЛ, а также наличие выбросов как в сторону больших, так и в сторону меньших значений. При этом значения коэффициентов вариации в целом лежат в диапазоне 28–32 %, что свидетельствует о сильной вариации совокупности данных, полученных для всех видов работ.

Для данных при ИСК и ТСК наблюдается незначительная левосторонняя асимметрия, а для ПТР – существенная правосторонняя асимметрия.

Достаточно сильную вариацию показателя ВрЛ отчасти можно объяснить зависимостью продолжительности водолазного спуска от его порядкового номера в день выполнения водолазных работ. На рис. 7 показаны средние значения времени водолазного спуска в зависимости от порядкового номера спуска для разных видов ИТР.

Наибольшая продолжительность наблюдается при выполнении первого и второго водолазных спусков. При этом для ИСК и ТСК несколько меньшее среднее время имеет место при выполнении первого водолазного спуска по сравнению со вторым водолазным спуском. Это объясняется большей интенсивностью работ при первом водолазном спуске, связанной с подготовкой водолазами макетов и оборудования, а также балансировкой скафандров на максимальной глубине. В этих спусках, как правило, водолазы работают до перехода на дыхание от резервного запаса воздуха в баллонах акваланга.

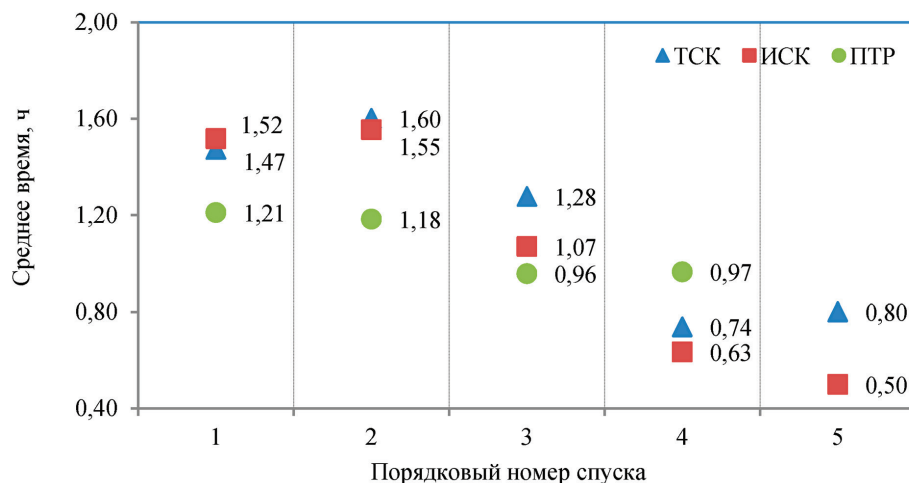


Рис. 7. Среднее время одного водолазного спуска в ЛВС

Таким образом, время спуска зависит от интенсивности работы и располагаемых запасов воздуха. Часть последующих спусков (третий, четвертый и пятый) в ряде случаев являются заключительными водолазными спусками, продолжительность которых определяется общей продолжительностью водолазных работ.

Применив правила округления, установленные методикой проведения исследований для выбора медианного значения показателя  $VpL$ , и вычислив границы его доверительного интервала при уровне доверия 95 %, получаем следующие значения показателей:  $VpL_{ИСК} = 1,42$  (1,40; 1,48) ч;  $VpL_{ТСК} = 1,43$  (1,42; 1,47) ч;  $VpL_{ПТР} = 1,15$  (1,08; 1,17) ч.

#### Анализ времени одного водолазного спуска в скафандре

Результаты расчета числовых характеристик выборок для показателей времени одного водолазного спуска в скафандре для основных видов ИТР и соответствующие им диаграммы размаха представлены в табл. 7, а их частоты распределения представлены в виде гистограмм на рис. 8.

Таблица 7

Выборочные характеристики распределений показателя  $VpC$ 

Статистики	Вид ИТР		Диаграмма размаха
	ИСК	ТСК	
Среднее, ч	3,83	4,33	
Стандартная ошибка среднего, ч	0,11	0,05	
Медиана, ч	3,96	4,43	
Мода, ч	4,08	4,77	
Стандартное отклонение, ч	0,73	0,61	
Дисперсия выборки, ч <sup>2</sup>	0,53	0,37	
Экссесс	9,24	-0,29	
Асимметричность	-2,65	-0,49	
Интервал, ч	3,92	2,80	
Минимум, ч	0,88	2,68	
Максимум, ч	4,80	5,48	
Счет	44	168	
Доверительный интервал (p = 95,0 %), ч	–	–	
Первый квартиль, ч	3,65	3,96	
Третий квартиль, ч	4,12	4,77	
Межквартильный интервал, ч	0,47	0,81	
Коэффициент вариации, %	19	14	

Для проверки гипотезы о нормальном распределении показателей  $VpC$  при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  с использованием функции *shapiro.test()* определены значения тестовых статистик и наблюдаемых уровней значимости. Для ИСК –  $W = 0,727$ ,  $p = 0$  ( $< 0,0001$ ); для ТСК –  $W = 0,968$ ,  $p = 0,00066$ .

На имеющихся данных, на уровне значимости 5 % для ИСК и ТСК имеются основания ( $p < \alpha$ ) в пользу принятия альтернативной гипотезы об отличии распределения показателей  $VpL$  от нормального.

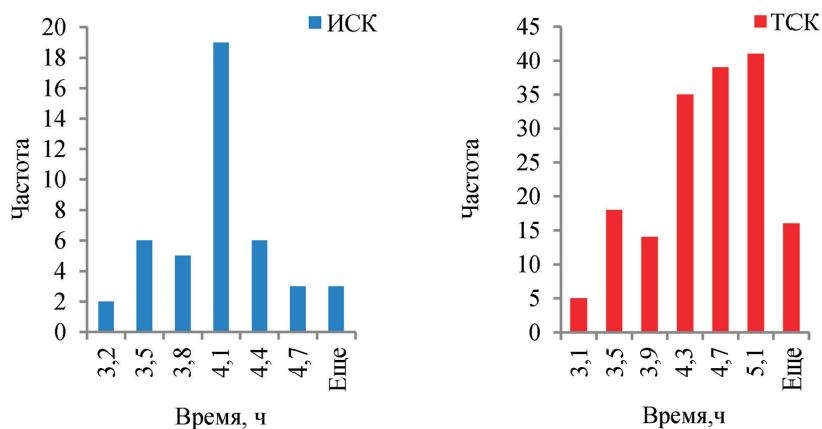


Рис. 8. Время одного водолазного спуска в скафандре

Как видно из табл. 7 время одного водолазного спуска в скафандре при проведении тренировок ( $\bar{x}_{\text{ТСК}} = 4,33$ ;  $Me_{\text{ТСК}} = 4,43$ ) больше, чем при испытаниях ( $\bar{x}_{\text{ИСК}} = 3,83$ ;  $Me_{\text{ИСК}} = 3,96$ ).

Для всех видов работ наблюдается значительное рассеяние ( $S$ ,  $S^2$ ,  $R$ ,  $IQR$ ,  $CV$ ) данных для показателя ВрС. При этом значения коэффициентов вариации в целом лежат в диапазоне 19–14 %, что свидетельствует о средней вариации совокупности данных, полученных для всех видов работ.

Для данных при ИСК и ТСК наблюдается значительная левосторонняя асимметрия.

Применив правила округления, установленные методикой проведения исследований для выбора медианного значения показателя ВрС и вычислив границы его доверительного интервала при уровне доверия 95 % получаем следующие значения показателей:  $ВрС_{\text{ИСК}} = 3,96$  (3,85; 4,07) ч;  $ВрЛ_{\text{ТСК}} = 4,43$  (4,28; 4,58) ч.

## Выводы

1. Разработана база данных, обеспечивающая сбор, расчет и статистическую обработку данных по водолажным спускам, выполняемым в ИТК ГЛ.
2. Предложен набор показателей, определяющих затраты ресурсов водолазных работ при подготовке космонавтов к ВКД в ИТК ГЛ.
3. Рассчитаны описательные статистики и выполнен анализ особенностей распределения основных показателей водолажных работ в ИТК ГЛ.
4. Определены числовые значения основных показателей водолажных работ в ИТК ГЛ.
5. По мере пополнения базы данных водолажных спусков новой информацией рекомендуется ежегодно проводить уточнение числовых значений основных показателей водолажных работ.