

DOI: <https://doi.org/10.26896/1028-6861-2023-89-9-73-81>

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМА ИСПЫТАНИЙ И КОЛИЧЕСТВА УЧАСТНИКОВ НА ОЦЕНКУ КВАЛИФИКАЦИИ ПРИ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ СЛИЧИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

© Николай Юрьевич Подживотов

НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ, Россия, 105005, Москва, ул. Радио, д. 17;
e-mail: nikolay.podzhivotov@gmail.com

*Статья поступила 23 января 2023 г. Поступила после доработки 28 февраля 2023 г.
Принята к публикации 30 марта 2023 г.*

Представлены результаты сравнительного анализа статистических показателей оценки квалификации, определяемых при межлабораторных сличительных испытаниях (МСИ). Выбраны следующие основные статистические показатели: приписанное значение; стандартное отклонение для оценки квалификации; стандартная неопределенность приписанного значения. Статистические показатели определяли в соответствии с алгоритмом А ГОСТ Р 50779.60. Их сравнение выполняли на основе данных численного эксперимента (генерации случайных чисел) для временного сопротивления алюминиевого сплава Д16АТ в зависимости от количества образцов и числа участников программы квалификации МСИ. Расчет и последующий статистический анализ показателей проверки квалификации проводили на основе значений, сгенерированных с помощью программного обеспечения. Генерация случайных чисел выполнялась для характеристики, имеющей нормальный закон распределения с параметрами среднего, равного 450 МПа, и среднеквадратического отклонения, равного 5 МПа. Выбранные в качестве примера значения параметров нормального распределения соответствовали среднему уровню временного сопротивления при растяжении стандартных образцов из листов алюминиевого сплава Д16АТ. Численный эксперимент (генерацию случайных значений) проводили для заданных случаев числа участников и количества образцов проверки квалификации (ОПК) независимо друг от друга отдельными выборками соответствующего объема. В общей сложности сгенерировано 36 000 значений временного сопротивления для ОПК из листов алюминиевого сплава Д16АТ. В результате расчетов для каждого выбранного статистического показателя программы квалификации МСИ на основе сгенерированных данных определено 48 средних значений (по числу рассматриваемых реализаций программ МСИ в зависимости от количества участников и ОПК). В итоге среднее значение каждого статистического показателя было определено на выборках объемом от 250 до 2000 сгенерированных (экспериментальных) значений в зависимости от числа участников и количества ОПК. Проведенный анализ позволил оценить влияние объема испытаний и количества участников на оценку квалификации при межлабораторных сличительных испытаниях. Показано, что для выбранного диапазона числа участников МСИ (от 5 до 20) и количества ОПК (от 5 до 10 шт.) величина приписанного значения x_{pl} не зависит ни от количества испытанных ОПК, ни от числа участников МСИ. Максимальное отклонение приписанного значения от заданного уровня временного сопротивления (450 МПа) составило всего 0,13 %, что находится в пределах погрешности (округлений) для данного уровня значений и не может привести к существенным ошибкам при проверке квалификации при МСИ. Стандартное отклонение для оценки квалификации независимо от числа участников уменьшается при увеличении количества ОПК, но такое уменьшение является незначительным и не превосходит величину среднеквадратического отклонения (СКО) временного сопротивления при растяжении (для выбранной модели генерации экспериментальных значений величина СКО принята равной 5 МПа). В отличие от приписанного значения и стандартного отклонения для оценки квалификации, стандартная неопределенность приписанного значения для предела прочности стандартных образцов из листов алюминиевого сплава Д16АТ зависит от числа участников программы МСИ и количества ОПК, испытанных каждым участником, и снижается при увеличении числа участников программ МСИ и количества ОПК.

Ключевые слова: межлабораторные сличительные испытания; проверка квалификации; число участников испытаний; образцы проверки квалификации; объем выборки; статистические показатели; анализ данных.

THE EFFECT OF THE VOLUME OF TESTS AND THE NUMBER OF PARTICIPANTS ON THE ASSESSMENT OF QUALIFICATION IN INTERLABORATORY COMPARISON TESTS

© Nikolay Yu. Podzhivotov

SIC "Kurchatov Institute" — VIAM, 17, ul. Radio, Moscow, 105005, Russia; e-mail: nikolay.podzhivotov@gmail.com

Received January 23, 2023. Revised February 28, 2023. Accepted March 30, 2023.

The results of a comparative analysis of statistical indicators for assessing the proficiency determined during interlaboratory comparison tests (ICT) are presented. The main statistical indicators were selected: the assigned value, standard deviation for assessment the proficiency and standard uncertainty of the assigned value. Statistical indicators were determined in accordance with Algorithm A, GOST R 50779.60. Comparison of the indicators was carried out on the basis of numerical experiment data (random number generation) for the ultimate tensile strength of a D16AT aluminum alloy depending on the number of samples and the number of participants in the ICT qualification program. The calculation and subsequent statistical analysis of the proficiency test scores was based on the values generated by the software. Random number generation is performed for a characteristic that has a normal distribution law with the parameters of the mean equal to 450 MPa and standard deviation equal to 5 MPa. The values of the normal distribution parameters chosen as an example corresponded to the average level of tensile strength values of standard specimens made of D16AT aluminum alloy sheets. The numerical experiment (generation of random values) was carried out for given cases of the number of participants and the number of proficiency testing samples (PTS) independently of each other using separate samples of the appropriate size. A total of 36,000 ultimate tensile strength values were generated for the proficiency testing samples made of D16AT aluminum alloy sheets. As a result of calculations, 48 average values were determined (according to the number of considered implementations of ICT programs, depending on the number of participants and the proficiency testing samples) for each selected statistical indicator of the ICT qualification program. The average value of each statistical indicator was determined on samples with a bulk of 250 to 2000 generated (experimental) values, depending on the number of participants and the number of proficiency testing samples. The analysis thus performed made it possible to evaluate the influence of the volume of tests and the number of participants on the assessment of the proficiency in interlaboratory comparative tests. It is shown that for the selected range of the number of ICT participants (from 5 to 20) and the number of PTS (from 5 to 10), the value of the assigned x_{pt} value does not depend either on the number of tested PTS or the number of ICT participants. The maximum discrepancy between the assigned value and the given level of tensile strength (450 MPa) is 0.13%, which falls within the error (rounding) for this level of values and cannot lead to significant errors in proficiency testing during ICT. The standard deviation for the qualification assessment, regardless of the number of participants, decreases with an increase in the number of proficiency testing samples, but such a decrease is insignificant and does not exceed the standard deviation (SD) value of the ultimate tensile strength (for the selected model for generating experimental values, the SD value is accepted to be 5 MPa). In contrast to the assigned value and the standard deviation for the qualification assessment, it is shown that the standard uncertainty of the assigned value for the ultimate tensile strength of standard samples made of D16AT aluminum alloy sheets depends on the number of participants and the number of proficiency testing samples tested by each participant and decreases with an increase in the number of participants in ICT programs and the number of proficiency testing samples.

Keywords: interlaboratory comparative tests; proficiency testing; number of participants; proficiency testing samples; sample size; statistical indicators; data analysis.

Введение

Межлабораторные сличительные испытания (МСИ) как эффективный инструмент оценки квалификации испытательных лабораторий проводят в целях повышения качества выполнения экспериментальных исследований [1, 2].

В зависимости от вида испытаний количество лабораторий, участвующих в той или иной программе квалификации посредством МСИ, может отличаться в несколько раз или даже на порядок. Разное число участников в программе квалификации обусловлено целым рядом причин, например, ограничениями в области аккредитации, специализацией испытательных лабораторий,

объемом финансирования, наличием или отсутствием у участников необходимого испытательного оборудования, опыта, квалификацией персонала, актуальностью и востребованностью для лабораторий отрасли того или иного вида исследований и т.д. [3 – 6].

Иногда необходимо оценить квалификацию ряда отраслевых лабораторий, специализирующихся на проведении «специальных», редких по виду испытаний. Число лабораторий, которые проводят такие испытания и при этом готовы участвовать в МСИ, невелико — может быть ограничено всего двумя или тремя участниками. Если же проводят простые стандартные испытания, в программе квалификации МСИ могут уча-

ствовать десятки лабораторий. Но и в первом, и во втором случаях оценка квалификации лабораторий должна быть объективной и обоснованной и не зависеть от количества участников в каждой программе.

Очевидно, что для обеспечения объективной оценки квалификации участников в первом и втором случаях должны быть применены различные статистические подходы. В нормативной документации по статистической оценке результатов МСИ (ГОСТ 50779.60) предусмотрен выбор алгоритмов и методов оценки квалификации в зависимости от числа участников.

Цель данной работы — оценка влияния объема испытаний и количества участников на оценку квалификации при МСИ. Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления «Фундаментально-ориентированные исследования, квалификация материалов, разрушающий контроль» («Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года») с использованием оборудования ЦКП «Климатические испытания» НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ.

Материалы и методы исследования

При малом числе участников программы МСИ оценку квалификации проводили на основании экспертной оценки, т.е. путем сравнительного анализа результатов испытаний участников и экспертной лаборатории. В случае большого числа участников использовали статистический подход, основанный на робастном методе получения приписанных значений оцениваемых характеристик по результатам анализа испытаний всех лабораторий, участвующих в данной программе квалификации.

Обычно количество образцов для проверки квалификации (ОПК), т.е. объем испытаний, проводимых каждым участником в рамках одной программы квалификации, остается неизменным и в первом, и во втором случаях. Иными словами, количество ОПК не зависит от числа участников в данной программе.

В некоторых случаях участник МСИ в рамках одной программы квалификации вправе испытывать дополнительный набор ОПК. При этом дополнительный набор ОПК имеет такое же фиксированное количество образцов, как и у других участников, а результаты испытаний дополнительных наборов учитываются в общем анализе как результаты отдельных участников.

Кроме того, часто количество ОПК для различных программ МСИ одинаково, оно не зависит и от программы квалификации, т.е. от вида испытаний (конечно, если иного не требуют условия проведения испытаний) [7–11]. При этом

разные виды испытаний объективно, т.е. независимо от проводящих их лабораторий, характеризуются различными уровнями неопределенности получаемых характеристик. Таким образом, при испытаниях не учитывается влияние неопределенности, характерное для того или иного вида испытаний, а также оцениваемых характеристик, что в итоге может привести к некорректным результатам проверки квалификации лабораторий [12, 13].

Вопрос оценки неопределенности различных видов испытаний, оцениваемых характеристик, стабильности результатов тех или иных видов испытаний, различных образцов и материалов является важной самостоятельной задачей, решение которой требует статистического обоснования [14, 15]. Но в представленном анализе указанные неопределенности не оценивались напрямую, поскольку статистические показатели квалификации определялись только при одном виде испытаний (растяжении при комнатной температуре) и для одной характеристики (временного сопротивления) в зависимости от изменения количества ОПК и числа участников.

Но будет ли количество ОПК, необходимое и достаточное для объективной оценки квалификации, зависеть от числа участников данной программы квалификации?

На первый взгляд, представляется логичным, что для сохранения объективности и обоснованности результатов квалификации лабораторий посредством МСИ при небольшом числе участников каждому из участников потребуется испытывать большее количество ОПК, чем в случае, когда число участников достаточно велико. Другими словами, чем меньше число участников программы МСИ, тем большее количество ОПК в рамках данной программы они должны испытать. Но не стоит забывать и о том, что независимо от количества участников должен существовать тот минимальный объем образцов (испытаний), который требуется испытать каждому участнику для получения обоснованных оценок экспериментальных характеристик и в итоге — корректной квалификации.

С одной стороны, точность оценок характеристик, получаемых самим участником, зависит от количества ОПК, испытанных каждым участником в рамках программы МСИ, т.е. от объема выборки экспериментальных данных. С другой стороны, точность определяемых статистических показателей квалификации при МСИ (приписанного значения, стандартной неопределенности приписанного значения и т.д.), а следовательно, объективность квалификации для всех участников по данной программе в целом зависят от количества лабораторий, участвующих в программе квалификации.

Необходимо отметить, что число участников программы квалификации и объем выборки экспериментальных данных, т.е. количество ОПК, испытанных каждым участником в рамках данной программы, изначально являются величинами, независимыми друг от друга.

Для ответа на вопрос о существовании зависимости между количеством участников и необходимым объемом испытаний (количеством ОПК) для каждого участника были использованы стандартная методика (ГОСТ Р 50779.60–2017) расчета статистических показателей проверки квалификации и численный эксперимент (генерация случайных чисел с заданными параметрами и видом распределения).

Для сравнительного анализа выбраны основные статистические показатели проверки квалификации МСИ: приписанное значение x_{pt} ; стандартное отклонение для оценки квалификации σ_{pt} ; стандартная неопределенность приписанного значения $u(x_{pt})$.

Согласно ГОСТ Р 50779.60 статистические показатели проверки квалификации определяли следующим образом. Для нахождения приписанного x_{pt} по выборкам численного эксперимента строили вариационный ряд средних значений оцениваемой характеристики x_i ($i = 1, \dots, p$) в порядке неубывания. Затем для построенного вариационного ряда вычисляли начальные значения робастного среднего x и робастного среднеквадратического отклонения (СКО) s оцениваемой характеристики:

медианное значение (робастное среднее)

$$x = \text{med}(x_i);$$

робастное СКО

$$s = 1,483 \text{med}|x_i - x|.$$

Далее выполняли итерационное вычисление новых значений x и s . Для этого вычисляли константу $\delta = 1,5s$ и x_i :

$$x_i = \begin{cases} x - \delta, & \text{если } x_i < x - \delta, \\ x + \delta, & \text{если } x_i > x + \delta, \\ x_i & \text{— во всех остальных случаях.} \end{cases}$$

В результате итераций получали новые значения x и s :

$$x = \sum_{i=1}^p \frac{x_i}{p}, \quad s = 1,134 \sqrt{\sum_{i=1}^p \frac{(x_i - x)^2}{p-1}},$$

где p — количество лабораторий, участвующих в Программе МСИ, определивших экспериментальные значения оцениваемой характеристики.

Итерационное вычисление x и s прекращали при совпадении в предыдущих и последующих значениях трех знаков после запятой. Приписанное значение оцениваемой характеристики принимали равным последнему значению x , вычисленному итерационным методом: $x_{pt} = x$.

Стандартное отклонение для оценки квалификации σ_{pt} принимали равным последнему значению s , вычисленному итерационным методом: $\sigma_{pt} = s$.

Стандартную неопределенность приписанного значения определяли согласно ГОСТ Р 50779.60 по формуле

$$u(x|pt) = 1,25 \frac{\sigma_{pt}}{\sqrt{p}}.$$

Расчет и последующий статистический анализ показателей проверки квалификации проводили на основе значений, сгенерированных с помощью программного обеспечения. Генерация случайных чисел выполнялась для характеристики, имеющей нормальный закон распределения, с параметрами среднего, равного 450 МПа, и среднеквадратического отклонения, равного 5 МПа.

Выбранные в качестве примера параметры нормального распределения соответствовали среднему уровню значений временного сопротивления при растяжении стандартных образцов из листов алюминиевого сплава Д16АТ.

Численный эксперимент (генерация случайных значений) проводили для выбранных случаев числа участников и количества ОПК независимо друг от друга отдельными выборками соответствующего объема по аналогии с тем, как это происходит при формировании участниками МСИ выборок реальных экспериментальных данных.

В ходе анализа было рассмотрено несколько случаев, при которых в одной программе квалификации принимали участие 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15 и 20 условных лабораторий. Для каждого из указанных случаев было принято, что каждый участник МСИ (лаборатория) испытывает от 5 до 10 ОПК.

Принято, что одно сгенерированное значение соответствует одному значению временного сопротивления, полученному при испытании одного ОПК. Соответственно, всего рассмотрено 48 вариантов реализации программы МСИ для различных комбинаций числа участников и количества ОПК. Количество сгенерированных значений в зависимости от варианта реализации программы МСИ представлено в табл. 1.

Если бы такие испытания проводились в реальности, то участниками МСИ было бы выпущено 480 протоколов, включающих результаты

испытаний 3600 ОПК (при условии, что каждый участник программы МСИ по результатам испытаний заданного количества ОПК выпускает один протокол).

Согласно приведенной выше методике для каждого выбранного статистического показателя квалификации (x_{pt} , σ_{pt} и $u(x|pt)$) в соответствии с табл. 1 расчеты проводили для 48 вариантов реализации программы МСИ.

Для получения статистически обоснованных выводов при оценке показателей проверки квалификации в результате моделирования для каждого рассматриваемого варианта реализации программы МСИ были сгенерированы данные для 480 случаев, т.е. по 10 значений (расчетов) для каждого показателя оценки квалификации 48 вариантов реализации программы МСИ (см. табл. 1).

Таким образом, суммарно сгенерированы данные для 4800 условных протоколов МСИ, включающих в общей сложности 36 000 значений для ОПК.

Обсуждение результатов

В результате расчетов для каждого выбранного статистического показателя программы квалификации МСИ на основе сгенерированных данных были определены 48 средних значений (по числу рассматриваемых реализаций программ МСИ в зависимости от количества участников и ОПК).

Соответственно, средние значения каждого показателя квалификации определяли по 10 значениям для каждой комбинации числа участников и количества ОПК. Таким образом, среднее значение каждого статистического показателя было определено на выборках объемом от 250 до 2000 сгенерированных (экспериментальных) значений в зависимости от числа участников и количества ОПК.

В табл. 2, а также на рис. 1 и 2 приведены полученные средние значения статистического показателя x_{pt} для стандартных образцов из листов алюминиевого сплава Д16АТ в зависимости от числа участников программ МСИ и количества ОПК.

Таблица 1. Количество сгенерированных значений (испытаний)

Table 1. Number of the generated values (tests)

Число участников в одном раунде МСИ, шт.	Количество ОПК, испытанных каждым участником, шт.					
	5	6	7	8	9	10
5	25	30	35	40	45	50
6	30	36	42	48	54	60
7	35	42	49	56	63	70
8	40	48	56	64	72	80
9	45	54	63	72	81	90
10	50	60	70	80	90	100
15	75	90	105	120	135	150
20	100	120	140	160	180	200

Таблица 2. Приписанные значения x_{pt} (МПа) для стандартных образцов в зависимости от числа участников программ МСИ и количества ОПК

Table 2. Assigned x_{pt} (MPa) values for standard samples as a function of the number of participants of ICT programs and the number of PTS

Число участников программы МСИ	Количество ОПК					
	5	6	7	8	9	10
5	449,9	449,7	450,2	449,9	450,0	449,7
6	449,6	450,1	450,1	450,1	449,8	450,1
7	450,2	449,4	450,4	449,9	449,9	449,9
8	450,1	449,7	450,6	449,9	449,9	449,9
9	449,9	449,8	449,9	450,0	450,1	449,8
10	449,9	450,3	449,8	450,1	450,1	449,8
15	450,1	450,0	450,0	449,9	450,0	449,7
20	449,8	449,8	450,1	450,0	450,0	449,9

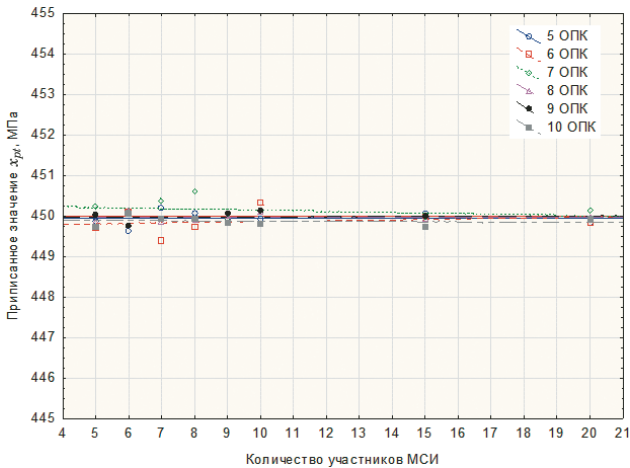


Рис. 1. Приписанное значение x_{pt} стандартных образцов в зависимости от числа участников программ МСИ и количества ОПК

Fig. 1. Assigned x_{pt} values for standard samples depending the number of participants of ICT programs and the number of PTS

Видно (см. рис. 1 и 2), что величина приписанного значения x_{pt} в выбранных (наиболее востребованных для механических испытаний образцов конструкционных материалов) диапазонах количества участников и ОПК не зависит ни от количества испытанных ОПК, ни от числа участников МСИ. Несмотря на то, что при числе участников программы квалификации ≤ 10 (см. рис. 1) независимо от количества испытанных ОПК наблюдается небольшой разброс x_{pt} , его максимальное отклонение от заданного уровня (450 МПа) составило всего 0,13 %, что находится в пределах погрешности (округлений) для данного уровня значений и не может привести к существенным ошибкам при проверке квалификации при МСИ.

В табл. 3, 4, а также на рис. 3 – 6 приведены результаты расчета для двух других статистиче-

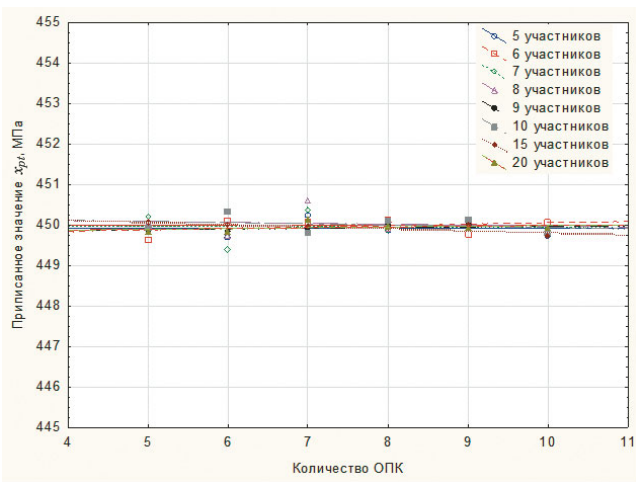


Рис. 2. Приписанное значение x_{pt} для стандартных образцов в зависимости от количества ОПК, испытанных каждым участником программы МСИ

Fig. 2. The assigned x_{pt} value for standard samples depending on the number of PTS tested by each participant of the ICT program

ских показателей программы квалификации — стандартного отклонения σ_{pt} для оценки квалификации и стандартной неопределенности приписанного значения $u(x|pt)$.

Из рис. 3 видно, что при числе участников до 10 независимо от количества ОПК (от 5 до 10) разброс значений стандартного отклонения σ_{pt} для оценки квалификации имеет случайный характер. При этом также независимо от количества ОПК увеличение числа участников приводит к незначительному повышению данного показателя.

Рис. 4 свидетельствует, что независимо от числа участников стандартное отклонение для оценки квалификации уменьшается при увеличении количества ОПК. В случае изменения числа участников программы МСИ и увеличения

Таблица 3. Стандартное отклонение σ_{pt} для оценки квалификации стандартных образцов в зависимости от числа участников программ МСИ и количества ОПК

Table 3. Standard deviation σ_{pt} for assessing the proficiency of standard samples depending on the number of participants of ICT programs and the number of PTS

Число участников программы МСИ	Количество ОПК					
	5	6	7	8	9	10
5	1,98	1,72	1,90	1,35	1,73	1,44
6	2,22	1,54	1,46	2,01	1,56	1,50
7	2,43	2,26	1,75	1,74	1,57	1,19
8	1,96	1,91	1,81	1,62	1,88	1,65
9	1,77	2,15	1,87	1,59	1,49	1,69
10	1,85	2,05	1,81	1,34	1,67	1,46
15	1,89	1,89	2,06	1,65	1,62	1,42
20	2,26	1,87	1,89	1,79	1,82	1,55

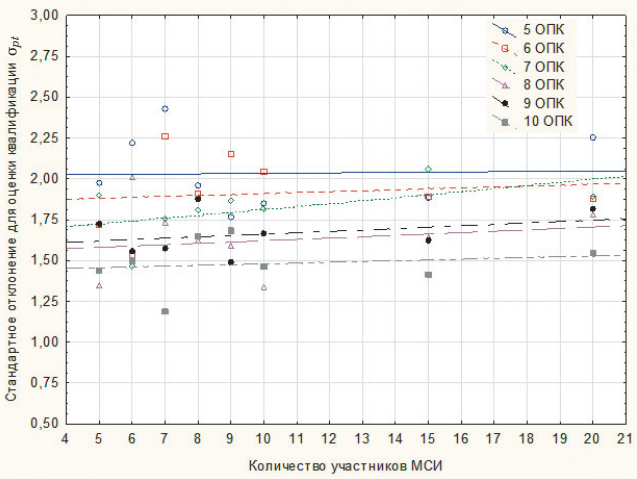


Рис. 3. Стандартное отклонение σ_{pt} для оценки квалификации стандартных образцов в зависимости от числа участников программ МСИ и количества ОПК

Fig. 3. Standard deviation σ_{pt} for assessing the proficiency of standard samples depending on the number of participants of ICT programs and the number of PTS

количества ОПК разбросы стандартного отклонения для оценки квалификации (σ_{pt}) незначительны и не превосходят величину СКО временного сопротивления при растяжении (для выбранной модели генерации экспериментальных значений величина СКО принята равной 5 МПа).

В отличие от приписанного значения и стандартного отклонения для оценки квалификации, стандартная неопределенность приписанного значения $u(x|pt)$ зависит от числа участников и количества ОПК, испытанных каждым участником программы МСИ (см. табл. 4).

Из рис. 5 и 6 следует, что стандартная неопределенность приписанного значения образцов уменьшается при увеличении числа участников программ МСИ и количества ОПК.

Таблица 4. Стандартная неопределенность приписанного значения $u(x|pt)$ стандартных образцов в зависимости от числа участников программ МСИ и количества ОПК

Table 4. Standard uncertainty of the assigned value $u(x|pt)$ of standard samples depending on the number of participants of ICT programs and the number of PTS

Число участников программы МСИ	Количество ОПК					
	5	6	7	8	9	10
5	1,11	0,96	1,06	0,75	0,97	0,81
6	1,13	0,78	0,75	1,03	0,80	0,77
7	1,15	1,07	0,83	0,82	0,74	0,56
8	0,86	0,85	0,80	0,72	0,83	0,73
9	0,74	0,90	0,78	0,66	0,62	0,70
10	0,73	0,81	0,72	0,53	0,66	0,58
15	0,61	0,61	0,66	0,53	0,52	0,46
20	0,63	0,52	0,53	0,50	0,51	0,43

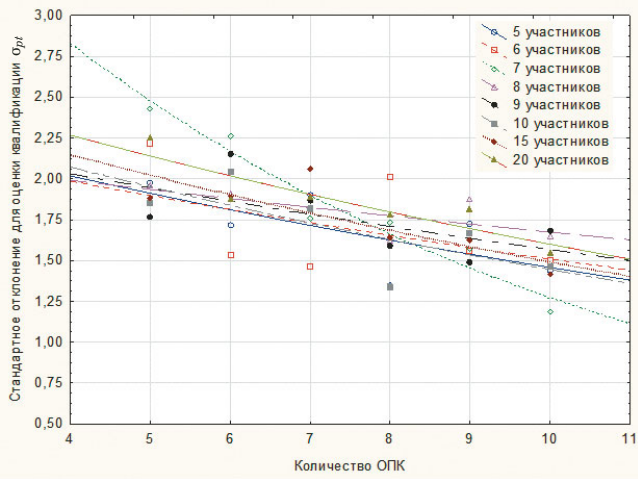


Рис. 4. Стандартное отклонение σ_{pt} для оценки квалификации стандартных образцов в зависимости от количества ОПК и числа участников программ МСИ

Fig. 4. Standard deviation σ_{pt} for assessing the proficiency of standard samples depending on the number of PTS and the number of participants of ICT programs

Заключение

Проведенные расчеты и полученные зависимости позволяют ответить на вопрос о существовании зависимости между числом участников программы квалификации и количеством ОПК, а также статистическими показателями квалификации при межлабораторных сличительных испытаниях.

Величина приписанного значения x_{pt} , определяемая в соответствии с робастным методом по ГОСТ 50779.60 (алгоритм А) в выбранных диапазонах числа участников и количества ОПК (наиболее востребованных для механических испытаний образцов конструкционных материалов), не зависит ни от количества испытанных ОПК, ни от числа участников МСИ. Различное количество ОПК (от 5 до 10) и число участников

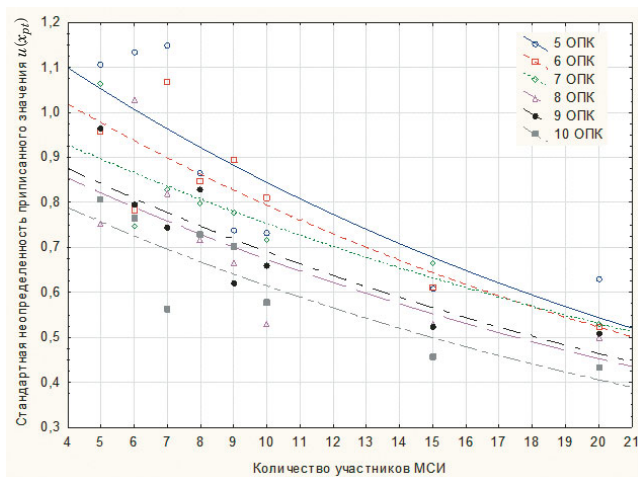


Рис. 5. Стандартная неопределенность приписанного значения $u(x|pt)$ стандартных образцов в зависимости от числа участников программ МСИ и количества ОПК

Fig. 5. Standard uncertainty of the assigned value $u(x|pt)$ of standard samples depending on the number of participants of ICT programs and the number of PTS

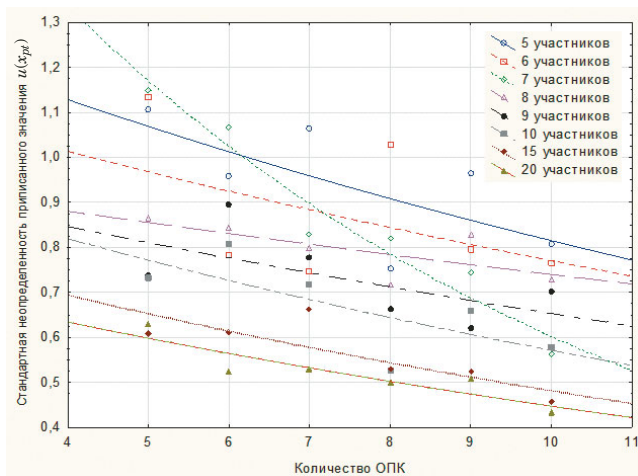


Рис. 6. Стандартная неопределенность приписанного значения $u(x|pt)$ стандартных образцов в зависимости от количества ОПК и числа участников программ МСИ

Fig. 6. Standard uncertainty of the assigned value $u(x|pt)$ of standard samples depending on the number of PTS and the number of participants of ICT programs

программы МСИ (от 5 до 20) не могут привести к существенным ошибкам оценок при проверке квалификации.

Стандартное отклонение σ_{pt} для оценки квалификации имеет случайный характер при небольшом числе участников. При этом независимо от количества ОПК увеличение числа участников (от 5 до 20) приводит к незначительному повышению данного показателя. Увеличение же количества ОПК независимо от числа участников приводит к незначительному снижению стандартного отклонения для оценки квалификации.

Как и приписанное значение, число участников программы МСИ (от 5 до 20) и количество ОПК (от 5 до 10) не оказывают существенного влияния на величину данного статистического показателя и на итоговую оценку квалификации.

Стандартная неопределенность приписанного значения для временного сопротивления стандартных образцов при механических испытаниях зависит от числа участников программы МСИ и количества ОПК, испытанных каждым участником, снижаясь при их увеличении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов Е. Н., Подживотов Н. Ю., Лупенко А. Н. О необходимости создания единого информационно-аналитического центра авиационных материалов РФ / Проблемы машиностроения и автоматизации. 2019. № 3. С. 28 – 34.
2. Подживотов Н. Ю. Особенности оценки результатов экспериментальных данных при межлабораторных сличительных испытаниях на малоцикловую усталость / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2022. Т. 88. № 8. С. 47 – 58. DOI: 10.26896/1028-6861-2022-88-8-47-58
3. Каблов Е. Н., Гриневич А. В., Ерасов В. С. Характеристики прочности металлических авиационных материалов и их расчетные значения / 75 лет. Авиационные материалы. — М.: ВИАМ, 2007. С. 370 – 379.
4. Махутов Н. А., Гаденин М. М. Унификация методов расчетов и испытаний на прочность, ресурс и трещиностойкость / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2019. Т. 85. № 10. С. 47 – 54. DOI: 10.26896/1028-6861-2019-85-10-47-54
5. Колпакова Е. К., Хузагаляева Р. К., Степановских В. В. Межлабораторные сравнительные испытания металлургических материалов / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2018. Т. 84. № 1-II. С. 23 – 27. DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-1(II)-23-27
6. Чепкова И. Ф., Крейнин С. В., Пономарева О. И. Межлабораторные сравнительные (сличительные) испытания как доказательная база компетентности лабораторий / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2018. Т. 84. № 2. С. 70 – 72. DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-2-70-72
7. Коновалов В. В., Дубинский С. В., Макаров А. Д., Доценко А. М. Исследование корреляционных зависимостей между механическими свойствами авиационных материалов / Авиационные материалы и технологии. 2018. № 2(51). С. 40 – 46. DOI: 10.18577/2071-9140-2018-0-2-40-46
8. Митраков О. В., Яковлев Н. О., Якушева Н. А., Гриневич А. В. Особенности разрушения стали 20ХГСН2МФА-ВД при испытании на вязкость разрушения / Авиационные материалы и технологии, 2019. № 1. С. 49 – 56. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-1-49-56
9. Димитриенко Ю. И., Губарева Е. А., Сборщиков С. В. и др. Численное моделирование и экспериментальное исследование деформирования упругопластических пластин при смятии / Математическое моделирование и численные методы. 2015. № 1(5). С. 67 – 82.
10. Орешко Е. И., Ерасов В. С., Ястребов А. С. Прогнозирование прочностных и деформационных характеристик материалов при испытаниях на растяжение и ползучесть / Материаловедение. 2019. № 2. С. 3 – 8.
11. Гриневич А. В., Лаптев А. Б., Скрипачев С. Ю., Нужный Г. А. Матрица прочностных характеристик для оценки предельных состояний конструкционных металлических материалов / Авиационные материалы и технологии, 2018. № 2. С. 67 – 74. DOI: 10.18577/2071-9140-2018-0-2-67-74
12. Гриневич Д. В., Яковлев Н. О., Славин А. В. Критерии разрушения полимерных композиционных материалов (обзор) / Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2019.

- № 7. Ст. 11. <http://www.viam-works.ru> (дата обращения 25.02.2022). DOI: 10.18577/2307-6046-2019-0-7-92-111
13. **Махсидов В. В., Яковлев Н. О., Ильичев А. В. и др.** Определение деформации материала конструкции из ПКМ с помощью интегрированных оптоволоконных сенсоров / Механика композиционных материалов и конструкций. 2016. Т. 22. № 3. С. 402 – 413.
 14. **Подживотов Н. Ю.** Экспресс-метод сравнительной оценки уровней свойств материалов / Труды ВИАМ: электрон. науч.-техн. журн. 2019. № 10(82). Ст. 11. <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 07.12.2020). DOI: 10.18577/2307-6046-2019-0-10-111-124
 15. **Подживотов Н. Ю.** Об оптимизации подхода к обоснованию минимального объема испытаний авиационных конструкционных материалов / Все материалы. Энциклопедический справочник. 2021. № 1. С. 28 – 35.
- ## REFERENCES
1. **Kablov E. N., Podzhivotov N. Yu., Lutsenko A. N.** About need for creation of uniform information and analysis center of aviation materials of the Russian Federation / Probl. Mashinostr. Avtomat. 2019. N 3. P 28 – 34 [in Russian].
 2. **Podzhivotov N. Yu.** The features of the evaluation of the results of experimental data in interlaboratory comparison tests for low-cycle fatigue / Industr. Lab. Diagn. Mater. 2022. Vol. 88. N 8. P. 47 – 58 [in Russian]. DOI: 10.26896/1028-6861-2022-88-8-47-58
 3. **Kablov E. N., Grinevich A. V., Erasov V. S.** Characteristics of durability of metal aviation materials and their calculated values / 75 years. Aviation materials. — Moscow: VIAM, 2007. P. 370 – 379 [in Russian].
 4. **Makhutov N. A., Gadenin M. M.** Unification of the calculation methods and tests for strength, life time and crack resistance / Industr. Lab. Diagn. Mater. 2019. 85. N 10. P. 47 – 54 [in Russian]. DOI: 10.26896/1028-6861-2019-85-10-47-54
 5. **Kolpakova E. K., Khuzagaleeva R. K., Stepanovskikh V. V.** Interlaboratory comparative tests of metallurgical materials / Industr. Lab. Diagn. Mater. 2018. Vol. 84. N 1-II. P. 23 – 27 [in Russian]. DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-1(II)-23-27
 6. **Chepkova I. F., Kreynin S. V., Ponomareva O. I.** Interlaboratory comparisons as evidence base for the competence of laboratories / Industr. Lab. Diagn. Mater. 2018. Vol. 84. N 2. P. 70 – 72 [in Russian]. DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-2-70-72
 7. **Konovall V. V., Dubinsky S. V., Makarov A. D., Dotsenko A. M.** Research of correlation dependencies between mechanical properties of aviation materials / Aviats. Mater. Tekhnol. 2018. N 2(51). P. 40 – 46 [in Russian]. DOI: 10.18577/2071-9140-2018-0-2-40-46
 8. **Mitrakov O. V., Yakovlev N. O., Yakushev N. A., Grinevich A. V.** Features of destruction of steel 20KhGSN2MFA-VD at test for viscosity of destruction / Aviats. Mater. Tekhnol. 2019. N 1. P. 49 – 56 [in Russian]. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-1-49-56
 9. **Dimitriyenko Yu. I., Gubarev E. A., Sborshikov S. V., et al.** Numerical modeling and pilot study of deformation of the elasto-plastic plates at a crushing / Matem. Model. Chisl. Met. 2015. N 1(5). P. 67 – 82 [in Russian].
 10. **Oreshko E. I., Erasov V. S., Yastrebov A. S.** Forecasting of strength and deformation characteristics of materials at tension tests and creep / Materialovedenie. 2019. N 2. P. 3 – 8 [in Russian].
 11. **Grinevich A. V., Laptev A. B., Skripachev S. Yu., Nuzhny G. A.** Matrix of strength characteristics for assessment of limiting conditions of constructional metal materials / Aviats. Mater. Tekhnol. 2018. N 2. P. 67 – 74 [in Russian]. DOI: 10.18577/2071-9140-2018-0-2-67-74
 12. **Grinevich D. V., Yakovlev N. O., Slavin A. V.** Criteria of destruction of polymeric composite materials (overview) / Trudy VIAM: Elektron. Nauch.-Tekhn. Zh. 2019. N 7. P. 11 [in Russian]. <http://www.viam-works.ru> (accessed 25.02.2022). DOI: 10.18577/2307-6046-2019-0-7-92-111
 13. **Makhsidov V. V., Yakovlev N. O., Ilyichev A. V., et al.** Definition of deformation of a material of a design from PKM by means of the integrated fiber-optical sensors / Mekh. Komp. Mater. Konstr. 2016. Vol. 22. N 3. P. 402 – 413 [in Russian].
 14. **Podzhivotov N. Yu.** Express method of a comparative assessment of levels of properties of materials / Trudy VIAM: Nauch.-Tekhn. Zh. 2019. N 10(82). P. 11 [in Russian]. <http://www.viam-works.ru> (accessed 07.12.2020). DOI: 10.18577/2307-6046-2019-0-10-111-124
 15. **Podzhivotov N. Yu.** About approach optimization to justification of the minimum volume of tests of aviation constructional materials / Vse Mater. Éntsikloped. Sprav. 2021. N 1. P. 28 – 35 [in Russian].