

## Анализ некоторых особенностей проведения экспериментов в ракетно-космической технике

© В.В. Бушуева, Н.Н. Бушуев, А.Н. Бобров, А.В. Самсонова

МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

*Обоснована актуальность анализа особенностей проведения экспериментов в ракетно-космической технике. Показано, что отсутствие однозначно понимаемой языковой терминологии в данной отрасли осложняет экспериментальные процедуры. Подчеркнуто значение философского подхода для решения этой проблемы. Выделены основные этапы проведения экспериментальных исследований. Рассмотрены их особенности. Указано, что ошибки, допущенные на стадии планирования, часто невозможно исправить в дальнейшем. Обоснована необходимость качественного и количественного анализа объекта испытаний. Подчеркнуто методологическое значение философских категорий «качество», «количество» и их взаимосвязь в данном анализе. Оценивается целесообразность применения принципа аналогии в сложных и недоступных экспериментах. Отмечено, что эксперимент не должен быть формализованным, требуются гибкость, постоянная критическая оценка результатов и форм проведения. Это обосновывает необходимость творческих подходов в проведении экспериментов. Показаны значение и эффективность коллективных форм творчества в исследовательской деятельности. Особый интерес вызывают зарубежные методики форм организации и работы творческих групп. Обоснована необходимость соединения отечественного и зарубежного опыта коллективных форм творчества. Анализ особенностей экспериментов в ракетно-космической отрасли является новизной данной работы. Приведены выводы и рекомендации для дальнейших исследований в этом направлении.*

**Ключевые слова:** эксперимент, ракетно-космическая техника, философские методы, этапы экспериментальных исследований, качественный анализ, количественный анализ, измерение, погрешности, метод аналогий, экологическая безопасность, коллективные формы творчества

Эксперимент (от лат. *experimentum* — проба, опыт) — метод познания, на основе которого в контролируемых и управляемых условиях исследуется явление действительности [1]. Анализу экспериментальной деятельности в научной литературе в настоящее время уделяется значительное внимание [2]. Но современный уровень развития науки и техники постоянно ставит новые задачи и требования в проведении экспериментов. И поэтому данная проблема в науке и технике не утрачивает своей актуальности.

Важное практическое значение имеет анализ особенностей технического эксперимента. В технике эксперимент часто принимает такие специфические формы, как верификация, валидация, испытание, контроль, диагностика. Все эти формы, с одной стороны, тесно

взаимосвязаны, а с другой — относительно самостоятельны. Кроме того, при проведении технических экспериментов возникает такая важная проблема, как создание однозначно понимаемой в различных технических отраслях языковой терминологии, закрепленной в нормативной документации [3]. Но, к сожалению, создать такие терминологические области удастся лишь в ограниченных пределах, что часто порождает неопределенности, конфликты при пересечении этих терминологических областей и при выходе за их пределы. Философский анализ данной проблемы обосновывает необходимость выделения общих, сходных процедур в различных технических направлениях. Такой подход позволит определить, согласовать общие понятия, а значит разработать общую терминологию для сходных технических процедур. Эта задача пока остается нерешенной, потому что недостаточно проанализирована, изучена связь между различными техническими направлениями. Подобные трудности наблюдаются и в ракетно-космической отрасли.

Современный процесс создания космических пилотируемых и транспортных летательных аппаратов (КЛА), баллистических ракет, ракетных и ракетно-космических комплексов включает в себя основные процедуры, связанные с проектированием, изготовлением и экспериментальной отработкой отдельных приборов, устройств, оборудования, агрегатов, систем и всего научного комплекса в целом (научно-исследовательские работы, опытно-конструкторские работы, серийное производство и эксплуатацию). На всех этих стадиях проводится большое количество испытаний, экспериментов, различных по целям, задачам, методам, степени воспроизводства, стоимости, уровню воздействия на окружающую среду и т. д. Затраты на проведение экспериментов при опытно-конструкторских работах могут составлять до 80 % стоимости всех работ по созданию современных перспективных комплексов [4, 5].

Последовательность проведения экспериментальной отработки летательных аппаратов состоит из следующих этапов.

Этап I. Изучение особенностей объекта эксперимента как сложной технической системы. На этой стадии анализируются и оцениваются основные факторы. К ним относятся: цель, задачи, новизна, уникальность объекта, условия функционирования, внешние воздействия на различных этапах эксплуатации, необходимый объем испытаний (виды, тип, количество опытных образцов), уровни испытаний, требуемые показатели надежности и т. д.

Большое внимание уделяется выбору цели эксперимента. Здесь необходима твердая установка, зачем проводится эксперимент. Имеется ли возможность осуществить данный эксперимент. Какое место он занимает в общем исследовании изучаемой проблемы, какая связь

с исследованиями, которые проводились раньше. Необходимо проанализировать значение тех или иных операций для результативного достижения поставленной цели. Это сложный и значимый творческий процесс. И здесь уместно привести слова И.В. Гете: «Кто неправильно застегнул первую пуговицу, уже не застегнется как следует».

Этап II. Планирование эксперимента. Здесь формируются технические требования к испытательному комплексу, системам обеспечения испытаний, испытательным базам, стендам и системам, уточняется материальная база и возможность проведения эксперимента на существующем оборудовании, оценивается необходимость привлечения смежных организаций, критерии оценки эксперимента (количественные и/или качественные), оценивается экономическая и информационная целесообразность проведения эксперимента. Назначаются ответственные руководители, исполнители и контролирующие лица. Проводятся необходимые проектные расчеты, моделирование и оценка воздействия эксперимента на окружающую среду [6]. На стадии планирования эксперимента определяются также объекты и методы исследования, точности измерения определяемых характеристик, математическое обеспечение, полезность применения принципа аналогии и проведения предварительных опытов, условия, место проведения и сроки эксперимента. Другими словами, на этой стадии необходимы такие формы творческой деятельности, как инженерная, техническая, научная, научно-техническая. Их синтез определяет качество конечного результата [7].

При планировании эксперимента необходимо соблюдать принцип единственного различия, когда на какую-либо величину действует только изучаемый фактор, а влияние остальных следует ликвидировать или свести к минимуму. Только тогда эксперимент даст правильный ответ: действует ли (или не действует) какой-либо фактор на определенную величину или процесс.

Важной является процедура выбора лучшего решения при анализе той или иной операции. Этот процесс творческий и достаточно сложный. Разумеется, современные информационные системы значительно ускоряют, облегчают этот процесс выбора при многовариантности показателей качества, но выбирает все-таки в конечном счете исследователь. И не методом проб и ошибок, а на основе тщательного анализа всех вариантов для достижения приемлемого конечного результата.

Ошибки, допущенные на стадии планирования, часто уже невозможно исправить в дальнейшем.

Этап III. Разработка конструкторской документации. Разработка и согласование программ и методик проведения эксперимента, документации на опытные образцы, спецификаций, технологических

карт, регламентирующих документов, технологических процессов, правил охраны труда и безопасности при проведении эксперимента. При необходимости добавляются проектирование, разработка документации и изготовление необходимой технологической оснастки, оборудования и сооружений.

Этап IV. Изготовление опытных образцов, монтаж наземного оборудования в соответствии с конструкторской документацией, испытания экспериментальной базы (отладка режимов), ее аттестация и апробация.

Этап V. Эксперимент. Организация и проведение эксперимента.

Этап VI. Анализ результатов эксперимента. Проверка соответствия результатов эксперимента техническому заданию. Подтверждение основных технических характеристик объекта испытаний, разработка рекомендаций по устранению недостатков.

Представленные этапы экспериментов имеют различную длительность, где практически 70 % всего времени отведено на этапы I–IV и порядка 25 % на этап VI. Это обусловлено высокой стоимостью и трудоемкостью, высокими требованиями к воспроизводству и сложности организации наукоемких экспериментов, характерных для изделий ракетной и ракетно-космической техники.

Для примера рассмотрим огневые испытания экспериментальной двигательной установки, которые имеют ряд особенностей, характерных для представленных выше этапов.

Огневые испытания должны быть высокоинформативными и исключать нештатные ситуации при проведении эксперимента. Их длительность может варьироваться от нескольких миллисекунд до нескольких часов, с фиксацией нескольких сотен параметров.

При испытаниях применяется дорогостоящий объект исследования — ракетный двигатель, использующий в том числе токсичные и пожароопасные компоненты топлива: водород, жидкий кислород, соединения на основе азотной кислоты, гидразин и т. д. Это требует особых мероприятий для обеспечения безопасности персонала и людей в зоне, прилегающей к испытательной площадке, а также экологической безопасности для человека и окружающей среды. Важную роль при этом играют экологический мониторинг и прогнозирование экологических последствий функционирования испытательного оборудования. При таком анализе следует учитывать тот факт, что экологические изменения часто опережают их познание и, более того, они являются необратимыми. Неудивительно, что ЕС и США проводят значительную часть экспериментов в странах третьего мира [8].

Таким образом, для огневых испытаний необходимы специализированные стенды с повышенными требованиями безопасности, дорогостоящее управляющее и измерительное оборудование, длитель-

ная подготовка испытаний и большое количество высококвалифицированных специалистов. Все это обуславливает высокую стоимость данных испытаний.

Современные испытания в ракетно-космической отрасли требуют сложнейшего стендового и измерительного оборудования, для работы на котором нужны высококвалифицированные и притом часто узкоспециализированные работники. Это породило разделение труда в сфере экспериментальных исследований и способствовало появлению не только определенных специалистов, но и целых организаций, занимающихся непосредственным проведением испытаний. Появляется структура заказчик — исполнитель, которая требует строгого разграничения обязанностей сторон, что регламентируется нормативной документацией и договорными обязательствами.

Результатом, определяющим процесс согласования конкретных обязательств заказчика исследований и исполнителя испытаний, являются согласованные, документально оформленные методики и программы испытаний. Взаимодействие сторон приходится строить с учетом неопределенности дальнейших отношений, связанных с факторами риска, возникновение которых может потребовать корректировки методики и программы испытаний вплоть до отказа от договоренностей как со стороны заказчика, так и со стороны исполнителя. Например, со стороны заказчика таким фактором может послужить появление новых, более совершенных образцов изделий, ввиду чего испытание ранее поставленных будет нецелесообразным, а со стороны испытателей — выход из строя уникального оборудования, задействованного при проведении испытаний. Данные положения отношений заказчик — исполнитель показывают сложность и высокую ответственность проведения экспериментов в технике и особенно в ракетно-космической отрасли.

При планировании испытаний и выборе их целей и условий проведения необходимо учитывать сложнейшие структуры современных объектов, например, ракетного комплекса. Оценка качества сложных объектов нуждается в разработке специальных систем оценки качества в целом и его отдельных важнейших составляющих (эффективности, стоимости, надежности и др.), а также специальных утвержденных программ, обеспечивающих их достижение путем контроля и координированного управления качеством на всех этапах жизненного цикла объекта от проектирования до утилизации. И в этом плане важное методологическое значение имеют философские категории «качество», «количество», их взаимодействие и взаимосвязь. Качественный и количественный анализ при проведении эксперимента позволяет при взаимодействии изучаемого объекта (явления) с другими выявлять различные свойства объекта (получать знания об объ-

екте) и оценивать их (на данном уровне познания), формируя представление об их полезности. Нечеткое представление самого понятия «качество» заставляет проводить неформальные процедуры сравнения множества свойств, характеризующих объект, при этом владелец стремится найти, получить значимые результаты. Хотя при этом существуют методы формализации процедур оценки качества, например, путем формирования критических показателей, которыми нельзя пожертвовать, устранить их [9].

Необходимо отметить, что качественный анализ при испытании сложных объектов приходится проводить поэлементно, с учетом иерархии подсистем и привлечением математических моделей их взаимодействия. Это порождает обширный перечень испытаний с точки зрения целей, методов, объектов и условий их проведения. Для оценки качества таких сложных объектов их приходится структурировать на отдельные подсистемы и элементы, выявляя при этом, какой вклад они вносят в качество объекта в целом. Для подтверждения правомерности такого структурирования приходится разрабатывать целые комплексы испытаний со строгими порядками их проведения и оценки их результатов. При анализе данных стадий эксперимента большое методологическое значение имеют такие философские методы, как структурный, комплексный, системный.

Особое внимание при осуществлении технического эксперимента в форме испытаний уделяется достоверности результатов. При доказательстве достоверности требуется строгое научное обоснование методики проведения испытаний, строгое метрологическое обеспечение результатов, сопоставление полученных данных с другими достоверными источниками. Метрологическое обеспечение результатов достигается их четким документальным оформлением (заданиями на испытание, актами испытаний), апробированными научными методами обработки результатов измерений и оценкой неопределенностей всех измеренных параметров. Испытания некоторых объектов трудно воспроизводимы, и оценки погрешностей измерений часто приходится проводить по паспортным метрологическим характеристикам используемого измерительного оборудования. Для обеспечения метрологической достоверности измерительного оборудования создана иерархическая система поверки измерительного оборудования: начиная с создания государственных эталонов основных физических величин и заканчивая метрологическими сертификационными центрами для поверки, с установленной периодичностью оборудования, непосредственно участвующего в испытаниях.

Нередко измерительное оборудование устанавливается на объект, движущийся в полете с огромной скоростью, например, ракету или спутник. Поэтому для передачи на Землю информации о функциони-

ровании различных технических систем необходимы телеметрические системы, способные не просто передавать информацию без искажений, но и обеспечить ее конфиденциальность, передавая в зашифрованном виде.

Современные испытания сложных объектов часто требуют измерений сотен параметров, различающихся по физической природе и изменяющихся во времени. Это диктует создание устройств, объединенных в автоматизированные системы испытаний, работа которых заключается в преобразовании измеряемых физических воздействий в электрический сигнал, который затем оцифровывается, обрабатывается и хранится в электронных устройствах памяти, а после дополнительной обработки предоставляется в требуемой форме. Для повышения надежности и достоверности результатов испытаний измерительные системы многократно дублируются. Современные автоматизированные системы испытаний позволяют снимать показания за миллионные доли секунды, что порождает при измерении сотен параметров в течение продолжительного времени гигантские массивы данных, получивших обозначение *bigdata*, для обработки которых требуется привлекать специализированные программные средства.

Итак, как отмечалось выше, значимое место при проведении экспериментов в ракетно-космической отрасли занимает процесс измерения, его точность, которая имеет особое значение. Несмотря на то что в настоящее время разработано большое количество вариантов, способов измерения, а также множество совершенных современных высокоточных приборов, результатам измерения присуща неопределенность, или, другими словами, погрешность. Результаты эксперимента подлежат статистической обработке с целью оценки их неопределенности, и лишь тогда можно говорить об их достоверности и значимости.

Неопределенность результатов оценивают по техническим паспортным данным используемого оборудования (основная и дополнительная неопределенность измерений). Такая оценка включает систематическую погрешность, которая может как суммироваться, так и взаимно погашаться и во многом определяется способом измерения и конструкцией прибора.

В случае, когда возможно организовать повторяемость эксперимента и получить большой массив экспериментальных данных, для оценки неопределенности результатов существует другой эффективный вариант — использование аппарата математической статистики и вычислительной техники. Таким образом, погрешность совокупности оказывается меньше. Но это не всегда реализуемо.

Для повышения надежности и точности результатов практикуется увеличение точек измерения (дублирование измерений), а также увеличение частоты замеров данных.

Как уже отмечалось, на неопределенность результатов измерений большое влияние оказывают способ и метод измерений, внешние и субъективные факторы (например, связанные с невнимательным отношением экспериментатора). В эксперименте инструментальные погрешности не всегда предсказуемые, например, неизвестно, как совокупность внешних факторов (давление, температура, вибрация и т. д.) влияет на итоговую неопределенность результатов. Все эти факторы необходимо учитывать при проведении экспериментов.

Следует отметить, что при анализе ранее рассмотренных технических процедур важное методологическое значение имеют такие философские подходы, как системный, комплексный, междисциплинарный и др. Разумеется, они используются и их применение наглядно, но осуществляется стихийно, а не осознанно, что значительно снижает эффективность исследований.

Как показывает практика исследовательской деятельности, некоторые явления в технических системах не могут быть подвергнуты экспериментальной проверке в силу их недоступности, неопределенности, а также вследствие других причин эксперимент затруднителен и иногда даже невозможен. В подобных случаях используются математическое моделирование процессов и постоянный анализ с позиций логических, теоретических процедур. Это позволяет находить научное объяснение. Значительный эффект дает метод аналогий, который позволяет применять накопленный творческий потенциал для нестандартных подходов к решению данных проблем. Аналогия между процессами различного типа позволяет анализировать сложные системы с помощью других процессов, более удобных для экспериментатора. Исследования по аналогии позволяют увидеть лежащие в основе совершенно разные и новые на первый взгляд явления. Но здесь важны личные творческие качества экспериментатора. Метод аналогий широко применяется также и в плане безопасности проведения экспериментов, здесь необходимо поставить вопрос об ответственности экспериментатора при исследованиях. Действительно, реальный эксперимент может грозить непредсказуемыми последствиями либо может быть прямо запрещен законом. Например, эксперимент, связанный с ядерным взрывом, никто не позволит проводить в реальных условиях даже в ограниченных масштабах. Поэтому в подобных случаях используется математическое моделирование процессов, а более наглядным является метод аналогий, связанный с природными явлениями. Природной аналогией ядерного взрыва, разумеется, с рядом допущений и ограничений, является извержение вулкана. Анализируя климатические последствия катастрофических вулканических извержений по данным метеонаблюдений или исторических хроник, можно сделать выводы о сценарии «ядерной зи-



мы». Извержение вулкана Кракатау в 1883 г., сопровождавшееся мощными выбросами пепла в атмосферу, привело к кратковременному глобальному похолоданию. Извержение вулкана Тамбора в 1815 г. вызвало сильное похолодание в Западной Европе и Северной Америке. В США 1816 г. известен как «год без лета». Похолодание вызвало неурожай большинства сельскохозяйственных культур и массовый голод. Извержение вулкана Пинатубо в 1991 г. привело к снижению глобальной температуры на 0,5 °С.

Эксперимент может иметь эвристическое значение, становясь первоисточником новых явлений, гипотез. Поэтому в эксперименте содержится не только то, что непосредственно проверяется, но и новое, ранее не предусмотренное экспериментатором и расширяющее его представление о данном объекте. Источником развития, проверки знаний является не только тот эксперимент, который подтверждает теоретическое построение, но и тот, который дает отрицательный результат. Однако не всегда и не любой эксперимент может быть надежным аргументом. Особенно недостаточной убедительностью обладает единичный опыт. Для повышения достоверности и точности результатов эксперимента используется увеличение количества повторностей, но тогда эксперименты становятся слишком дорогостоящими. И более того, как обосновывает философский анализ данных технических процедур, для опровержения этого значительного количества повторностей иногда достаточно одного эксперимента, который может опровергнуть данные испытаний, на практике такие ситуации наблюдаются. Поэтому при разработке и осуществлении экспериментов необходим более тщательный анализ с использованием не только методов, применяемых в конкретной отрасли, но и других, в частности, достаточно значимыми являются системный, комплексный и междисциплинарный подходы.

Подчеркнем, что эксперимент не должен быть жестким, формализованным, механическим, необходима гибкость, следует постоянно критически оценивать результаты и формы проведения. Творческое вмешательство субъекта необходимо. Он должен корректировать условия, которые меняют традиционные, естественные ситуации существования объекта, что позволяет выявить новые свойства и связи исследуемого объекта, которые не всегда проявляются в обычных, стандартных условиях его функционирования. Это увлекательный, гибкий и творческий процесс работы, ведь необходимо постоянно создавать, разрабатывать новые подходы. Другими словами, экспериментатор, исследовательский коллектив, согласовывающий свои результаты, должны творчески подходить к проведению эксперимента.

Следует отметить, что в настоящее время особенно в инженерной деятельности осуществляется переход от индивидуальных форм

творчества в исследовательской деятельности к коллективным, когда происходят процессы интеграции деятельности исследователей. И роль личности организатора коллективной деятельности резко возрастает, важны его настойчивость в преодолении ошибок, неудач, его упорство в достижении значимых результатов. Руководитель должен ощущать ответственность за правильное приложение творческих возможностей тех, кто работает с ним вместе и под его началом, а также организовать творческую и деловую атмосферу в коллективе. В качестве примера следует обозначить деятельность С.П. Королёва. Свою творческую группу, эффективность которой была очень высокая, он формировал, руководствуясь в основном интуицией. В отечественной практике, к сожалению, нет разработанных методик формирования и работы творческих коллективов. В зарубежной практике этому вопросу, причем во всех отраслях техники и направлениях в науке, уделяется существенное внимание. Разработаны методические рекомендации форм организации и работы коллективной деятельности [10, 11]. И в плане рекомендаций авторы выдвигают необходимость объединить и согласовать отечественный и зарубежный опыт творческой деятельности, который необходим для проведения экспериментальной, исследовательской деятельности не только в ракетно-космической отрасли, но и во всех других отраслях науки и техники.

В заключение следует отметить, что в статье проанализированы лишь некоторые особенности проведения экспериментов в ракетно-космической отрасли. Данный анализ показывает значение творческих подходов при осуществлении всех форм экспериментальной деятельности. Этот вопрос очень значим, требуется его дальнейшая разработка. Очевидно, что вклад в решение данной проблемы возможен на основе интеграции представителей многих дисциплин и не только технических. Определенное значение имеют такие направления, как экологическая безопасность для человека и окружающей среды при проведении испытаний, нравственные и правовые факторы для экспериментаторов, философские методологические подходы, используемые в науке и технике, которые необходимы почти на всех стадиях эксперимента, и многие другие факторы, имеющие прямое отношение к проведению экспериментов в ракетно-космической отрасли.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Философский энциклопедический словарь*. Москва, Советская энциклопедия, 1983, с. 792.
- [2] Балакшина М.А., Бузовера М.Э. *Введение в научный эксперимент*. Саров, ФГУП РЯЦ-ВНИИЭФ, 2005, 175 с.
- [3] Ягодников Д.А., Ирьянов Н.Я. *Ракетные двигательные установки. Термины и определения*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012, 84 с.

- [4] Самсонов К.С., Севрюкова А.В., Кузнецова Т.И. Повышение эффективности системы контроля за созданием инновационных материалов. *Гуманитарный вестник*, 2016, вып. 10. <http://dx.doi.org/10.18698/2306-8477-2016-10-390>
- [5] Афанасьев В.С., Барсуков В.С., Гофин М.Я., Захаров Ю.В., Стрельченко А.Н., Шалунов Н.П. *Экспериментальная отработка космических летательных аппаратов*. Москва, Изд-во МАИ, 1994, 412 с.
- [6] Рыжов Е.В., Николаева М.Н. Нормативно-правовые аспекты оценки воздействия ракетно-космической деятельности на окружающую среду. *Вестник МГУЛ — Лесной вестник*, 2002, № 2, с. 89–92.
- [7] Потапцев И.С., Павлихин Г.П., Бушуев Н.Н., Бушуева В.В. *Использование зарубежного опыта решения технических задач в инженерной подготовке студентов*. Москва, Этносоциум, 2015, с. 19–25.
- [8] Лебедев С.А., Бушуев Н.Н., Бушуева В.В. Методологические аспекты экологической подготовки будущего инженера. *Гуманитарный вестник*, 2016, вып. 7. <http://dx.doi.org/10.18698/2306-8477-2016-07-376>
- [9] Бушуева В.В. Значение истории развития техники для разработки методологии технического творчества. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2012, № 6, с. 71–76.
- [10] Aznar G. *La creativite dans l'entreprise*. Paris, Editions d'Organisation, 1971, 185 p.
- [11] Mathieu-Batsch C. *Invitation à la creative*. Paris, 1983, 132 p.

Статья поступила в редакцию 25.11.2020

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Бушуева В.В., Бушуев Н.Н., Бобров А.Н., Самсонова А.В. Анализ некоторых особенностей проведения экспериментов в ракетно-космической технике. *Гуманитарный вестник*, 2021, вып. 1.

<http://dx.doi.org/10.18698/2306-8477-2021-1-698>

**Бушуева Валентина Викторовна** — канд. филос. наук, доцент кафедры «Философия» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: vbysh2008@rambler.ru

**Бушуев Николай Николаевич** — канд. биол. наук, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана.  
e-mail: agrohim1@rambler.ru

**Бобров Александр Николаевич** — канд. техн. наук, доцент кафедры «Ракетные двигатели» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: abbrv@ya.ru

**Самсонова Александра Владимировна** — аспирант кафедры «Философия» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: alexandra.sevryukova@gmail.com

## **Analysis of some features of performing experiments in rocket-and-space technology**

© V.V. Bushueva, N.N. Bushuev, A.N. Bobrov, A.V. Samsonova

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

*The article justifies the relevance of the analysis of the experiment features in rocket and space technology. It is shown that the lack of unambiguously understood language terminology in this industry complicates experimental procedures. The importance of a philosophical approach to solving this problem is emphasized. The special emphasis is placed on main stages of experimental research. Their features are considered. It is indicated that mistakes made at the planning stage are often impossible to correct in the future. The necessity of qualitative and quantitative analysis of the test object is proved. The methodological significance of the philosophical categories "quality" and "quantity" and their relationship in this analysis is accentuated. The advisability of applying the principle of analogy in complex and inaccessible experiments is evaluated. It is pointed out that the experiment should not be formalized; it requires flexibility, constant critical evaluation of the results and forms of performing. This justifies the need for creative approaches in performing experiments. The importance and effectiveness of collective forms of creativity in research is shown. Foreign techniques of organization and work of creative groups are of a particular interest. The necessity of combining domestic and foreign experience of collective forms of creativity is justified. A novelty of this work is the experiment feature analysis in the rocket-and- space industry. Conclusions and recommendations for further research in this direction are presented.*

**Keywords:** *experiment, rocket and space technology, philosophical methods, experimental research stages, qualitative analysis, quantitative analysis, measurement, errors, analog method, environmental safety, collective forms of creativity*

### REFERENCES

- [1] *Filosofskiy entsiklopedicheskiy slovar* [Encyclopedic dictionary of philosophy]. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1983, 792 p.
- [2] Balakshina M.A., Buzoverya M.E. *Vvedenie v nauchnyy experiment* [Introduction to a scientific experiment]. Mikhaylov V.N., ed. Sarov, FSUE RFNC-VNIIEF Publ., 2005, 175 p.
- [3] Yagodnikov D.A., Iryanov N.Ya. *Raketnye dvigatelnye ustanovki. Terminy i opredeleniya* [Rocket propulsion systems. Terms and definitions]. Moscow, BMSTU Publ., 2012, 84 p.
- [4] Samsonov K.S., Sevrukova A.V., Kuznetsova T.I. *Gumanitarnyy vestnik — Humanities Bulletin of BMSTU*, 2016, iss. 10 (48). <http://dx.doi.org/10.18698/2306-8477-2016-10-390>
- [5] Afanasyev V.S., Barsukov V.S., Gofin M.Ya., Zakharov Yu.V., Strelchenko A.N., Shalunov N.P. *Experimentalnaya otrabotka kosmicheskikh apparatov* [Experimental testing of spacecraft]. Kholodkov N.V., ed. Moscow, MAI Publ., 1994, 412 p.
- [6] Ryzhov E. V., Nikolaeva M. N. *Lesnoy vestnik — Forestry Bulletin*, 2002, no. 2, pp. 89–92.

- [7] Potaptcev I.S., Pavlikhin G.P. Bushuev N.N., Bushueva V.V. *Ispolzovanie zarubezhnogo opyta resheniya tehnikeskikh zadach v inzhenernoy podgotovke studentov* [Using foreign experience in solving technical problems in engineering training students]. Gorodnichev V.A., ed. Moscow, Ètnosotsium Publ., 2015, pp. 19–25.
- [8] Lebedev S.A., Bushuev N.N., Bushueva V.V. *Gumanitarnyy vestnik — Humanities Bulletin of BMSTU*, 2016, iss. 7 (45).  
<http://dx.doi.org/10.18698/2306-8477-2016-07-376>
- [9] Bushueva V.V. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie — Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building*, 2016, no. 6, pp. 71–76.
- [10] Aznar G. *La créativité dans l'entreprise. Organisation pratique et technique d'animation*. Paris, Editions d'Organisation Publ., 1971, 185 p.
- [11] Mathieu-Batsch C. *Invitation a la creative*. Paris, 1983, 132 p.

**Bushueva V.V.**, Cand. Sc. (Philos.), Assoc. Professor, Department of Philosophy, Bauman Moscow State Technical University. e-mail: vbysh2008@rambler.ru

**Bushuev N.N.**, Cand. Sc. (Biol.), Assoc. Professor, Department of Ecology and Industrial Safety, Bauman Moscow State Technical University. e-mail: agrohim1@rambler.ru

**Bobrov A.N.**, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Professor, Department of Rocket Engines, Bauman Moscow State Technical University. e-mail: abbrv@ya.ru

**Samsonova A. V.**, post-graduate student, Bauman Moscow State Technical University. e-mail: alexandra.sevryukova@gmail.com