

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ	7
1. НАУКА. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ	8
2. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ.	
ОСНОВНЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ СФЕРЫ	12
3. МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	14
4. НАУЧНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ	19
4.1. Основные понятия.....	20
4.2. Модельная схема эксперимента	22
4.3. Планирование эксперимента	24
4.4. Методы принятия решений о пригодности экспериментальных данных	27
5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	31
5.1. Числовые характеристики случайных распределений.....	31
5.2. Математическая статистика в оценке значения единичного параметра	36
5.3. Использование статистических расчетов в решении практических задач	41
5.4. Проверка статистических гипотез.....	46
5.5. Проверка воспроизводимости опытов	49
5.6. Основные способы представления экспериментальных данных.....	51
6. ГРАФИЧЕСКОЕ И АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СТОХАСТИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ	53
6.1. Графическое представление опытных данных	53
6.2. Линейная корреляция	62
6.3. Графическая обработка экспериментальных данных на ЭВМ с помощью приложения Excel	67
7. ПОНЯТИЕ О МНОГОФАКТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ	73
8. ПРИМЕРЫ ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	83
9. ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО	87
9.1. Понятие о технической новизне	87
9.2. Авторское право на техническое решение	88
9.3. Уровни решения изобретательских задач	89
9.4. Алгоритмы устранения технических противоречий	90
9.5. Заявка на изобретение	91

10. ОФОРМЛЕНИЕ НАУЧНОЙ РАБОТЫ.....	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	97
ПРИЛОЖЕНИЯ	98
Приложение 1. Алгоритмы решения учебных задач.....	98
Приложение 2. Значения критерия Стьюдента.....	108
Приложение 3. Площади под кривой нормального распределения	109
Приложение 4. Значения критерия Фишера.....	110
Приложение 5. Значения критерия Кохрена	111
Приложение 6. Вопросы для контроля знаний	112
Приложение 7. Именной указатель	116
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	120

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины «Основы научных исследований» является профессиональная подготовка студентов в области организации и проведения научных исследований в химической технологии и, в частности, химической переработки растительного сырья; энерго- и ресурсосберегающих процессах в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии и техносферной безопасности.

Дисциплина «Основы научных исследований» относится к вариативной части обязательных дисциплин математического и естественнонаучного цикла учебного плана. Для полноценного усвоения учебного материала по данному курсу студентам необходимо иметь прочные знания по соответствующим разделам дисциплин «Высшая математика», «Физика», «Философия», «Информационные технологии». Изучение данной дисциплины создает практическую основу для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР) и является полезным для студентов, готовящихся к научно-исследовательской работе (НИР).

Задачи изучения дисциплины:

- усвоение общих положений проведения научной работы;
- ознакомление с методологическими принципами научного познания, основными понятиями и формулой движения научного труда, качествами исследователя, постановкой и проведением эксперимента;
- овладение методиками обработки и представления экспериментальных данных;
- привитие навыков оформления отчета, статьи, заявки на изобретение и т. д.

Соответствующая итоговая подготовка закрепляется в форме ВКР. Она представляет собой либо расчетный проект, либо выполненную НИР. Для этого студенты должны получить необходимые знания, навыки и умения по основам научных исследований, ориентированных как в общих положениях, так и в конкретных задачах на соответствующие направления подготовки.

Ограниченнность часов, отводимых на прохождение курса дисциплины «Основы научных исследований», затрудняет использование обширной литературы по данной тематике и требует реальной конкретизации на направлениях обучения, которые представлены в настоящем учебном пособии. Литература, представленная в библиографическом списке, позволяет самостоятельно и углубленно расширить знания, относящиеся к данной проблеме. В приложении 6 содержатся вопросы для контроля знаний студентов. В приложении 7 приведен именной указатель упоминаемых учебных и цитируемых авторов.

В целом учебное пособие направлено на овладение основами научных исследований, в том числе на примерах решения типовых задач, которые могут понадобиться выпускникам в практической работе на уровне оценки качества продукции, контроля процесса производства и проведения НИР в рамках учебы и будущей работы. Вместе с тем приобретенные знания позволят определиться в выборе направления дальнейшей деятельности – работы в сфере производства или продолжения образования, в частности в магистратуре.

Поскольку учебное пособие предназначено для студентов бакалавриата, обучающихся по трем направлениям подготовки, то примеры охватывают как общие вопросы научного исследования, так и подобранные в соответствии с направлениями обучения. Пособие преследует цель развития научного кругозора и творческого мышления студентов. Ознакомление с материалами учебного пособия будет полезно также для магистрантов и молодых ученых.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

АРИЗ – алгоритм решения изобретательских задач.

Π_k – показатель качества.

b – коэффициент уравнения регрессии.

B – число коэффициентов уравнения регрессии.

d – частная функция желательности.

D – обобщенная функция желательности.

E – математическое ожидание выборки.

f – число степеней свободы.

F – критерий Фишера.

G – критерий Кохрена.

H – наибольшая высота кривой нормального распределения.

K – количество интервалов (классов).

k – угловой коэффициент уравнения линейной функции.

m – ошибка среднего арифметического.

m_{yx} – средняя ошибка уравнения регрессии.

n – количество наблюдений, экспериментальных отсчетов или точек.

N – число вариантов ПФЭ.

p – показатель точности.

p_i – относительная погрешность.

P – доверительная вероятность.

r – коэффициент линейной корреляции.

R – размах выборки.

R^2 – величина достоверности аппроксимации.

s – среднее квадратическое отклонение выборки.

s_r – относительное выборочное стандартное отклонение.

s^2 – выборочная дисперсия.

$s_{\text{ад}}^2$ – оценка дисперсии адекватности.

$s_{\text{воспр}}^2$ – оценка дисперсии воспроизводимости.

s_b^2 – оценка дисперсии коэффициентов регрессии.

t – критерий Стьюдента.

ν – вариационный коэффициент.

x – независимая переменная (фактор, аргумент).

Δx – абсолютная ошибка.

y – зависимая переменная (функция отклика).

Δ – шаг.

μ – математическое ожидание генеральной совокупности.

σ – среднее квадратическое отклонение генеральной совокупности.

σ^2 – дисперсия генеральной совокупности.

1. НАУКА. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Мы хотим не только знать, как устроена природа и как происходят природные явления, но и узнать, почему природа является такой, а не другой.

А. Эйнштейн

Ответы на вопросы эпиграфа, сформулированные крупнейшим ученым современности, и должна непрерывно и многопланово давать такая деятельность людей, которые в меру сил и возможностей служат ее величеству Науке. *Наука* – это сфера человеческой деятельности, направленная на выработку, систематизацию и теоретическое обоснование объективных знаний о природе, обществе и мышлении, а также и сам результат этой деятельности.

Получаемые научные знания фиксируются в максимально определенном языке. Словесное описание по возможности заменяется математическими моделями, получаемыми теоретическими и экспериментальными методами. В практике используют экспериментально-статистические зависимости с раскрытием величин, входящих в то или иное уравнение.

Научные знания обязательно должны эмпирически проверяться и подтверждаться. Без этого они определяются как *гипотеза*. Накапливаемые знания подлежат использованию в практическом или теоретическом плане. При рецензировании выполненной научной работы выделяют научную новизну и практическую ценность. Под *научной новизной* понимают впервые полученные знания, которые могут использоваться в иных исследованиях и разработках. *Практическая ценность* работы реализуется в материальном производстве.

Наука обладает *составом*, в который входят: предмет – теория (гипотеза) – метод – факт. Предмет не следует путать с объектом исследования. *Предмет* исследования – это совокупность проблем и задач, решаемых наукой в конкретной теме. *Объектом* исследования могут быть, например, ректификационная колонна, горячий пресс, образец продукции.

Теория строится из положений по принципу выводимости, она охватывает все известные (на данном уровне исследования) факты. Рецензируется теория не на основе вопроса, разумна ли она, а работают или не работают ее положения, предсказывает ли она получение новых результатов по закону внутренней логики и с учетом внешних оправданий или так называемого социального заказа. Если доказательства для положений разрабатывающейся теории еще недостаточны, она носит характер *гипотезы*, при этом это не простое предположение, а выдвигаемое с учетом известных знаний и содержащее (хотя бы в общем плане) путь ее проверки. Проме-

жущее положение занимает так называемая **концепция**, раскрывающая обоснование подхода к изучаемой проблеме и анализирующая накапливаемые экспериментальные данные.

Таким образом, научная теория объясняет надежно установленные факты, не противоречит другим работающим теориям, предсказывает возможность получения новых результатов, указывает путь развития по закону внутренней логики. Достоверность теории выше достоверности отдельного опыта, она отсеивает шум, ошибки, случайности, и в результате изучаемое явление предстает ясным и определенным.

Под **методом** в широком смысле понимают общую методологию научного познания, а в более узком – совокупность конкретных методик, используемых в научных исследованиях данного направления. Метод – это способ достижения цели. В отличие от теоретических методов, основанных на умственной деятельности ученого, эмпирические методы основываются на опыте, в их основе лежит эксперимент. В рамках наших направлений основные методы носят экспериментальный характер.

Факт есть установленный в процессе научного исследования достоверный результат исследования. Определяющее значение фактов в научной деятельности отмечал академик И. П. Павлов: «Факты и только факты – воздух ученого».

Науки подразделяют на общественные и естественные. *Общественные науки* изучают различные стороны и области жизни человеческого общества (история, политэкономия, языкознание и др.). *Естественные науки* изучают различные стороны и области материальной действительности (физика, химия, биология и др.). Из последних выделяются *технические науки*, сфера деятельности которых направлена на решение конкретных технических проблем.

Среди других общих понятий, относящихся к научной деятельности, отметим исследование и разработку. *Исследование* представляет собой систематическое и углубленное изучение, направленное на более полное знание изучаемого предмета. Основой развития науки служат *фундаментальные исследования*. На их достижениях получают развитие *прикладные исследования*. Логическим завершением является разработка. *Разработка* – это использование этого знания, направленное на производство полезных материалов, способов, устройств или процессов.

Между фундаментальными исследованиями и промышленным производством лежит область взаимосвязанных стадий. В развернутом виде это можно выразить *формулой движения научного труда*:

$$\text{ФИ} \rightarrow \text{ПИ} \rightarrow \text{Р} \rightarrow \text{Пр} \rightarrow \text{С} \rightarrow \text{Ос} \rightarrow \text{ПП},$$

где ФИ – фундаментальное исследование; ПИ – прикладное исследование; Р – разработка; Пр – проектирование; С – строительство нового объекта; Ос – освоение (пусконаладочные работы); ПП – промышленное производство.

Порядок, в котором указаны стадии, отражает степень уменьшения доли научного труда. В промышленном производстве он приближается к нулю, хотя и здесь возможны творческие предложения, направленные на повышение эффективности производства. В частности, они могут выражаться в изобретениях, оформляемых в виде заявки на патент или в подаче рабочего предложения в рамках данного предприятия.

Вместе с тем между стадиями существует и обратная диалектическая связь, когда изучение производственного опыта приводит к новым научным разработкам и даже побуждает к проведению фундаментальных исследований. И цикл повторяется уже на новом уровне.

Признаками любой научной работы являются ее новизна и оригинальность, вероятностный характер и риск, доказательность научных сведений. Она охватывает творческую деятельность, направленную на получение, систематизацию и переработку новых, оригинальных и доказательных сведений и информации для воплощения полученных знаний в техническом, технологическом или организационном применении. По мере приближения к стадии освоения необходимо все чаще пользоваться типовыми решениями, стандартами, шаблонами.

Непосредственно научные исследования и разработки ведутся в академических научных институтах, научно-исследовательских, конструкторских, проектно-конструкторских и технологических институтах, в высших учебных заведениях, на крупных промышленных предприятиях. Целями деятельности научных учреждений являются получение новых научных результатов, создание экономичных, прогрессивных изделий и технологических процессов, содействие их быстрейшему освоению в народном хозяйстве.

В научно-исследовательской работе вуза помимо преподавателей и научных сотрудников активное участие принимают аспиранты, магистранты и студенты бакалавриата. Основная цель научно-исследовательской работы студентов (НИРС), сочетающаяся с повышением общего объема научной работы в вузе, состоит в формировании творческой личности. С помощью НИРС у них развиваются творческие способности, учебный процесс интенсифицируется превращением участия студентов в исследованиях в способ обучения, повышается индивидуализация процесса обучения благодаря тесному контакту студентов с преподавателями и сотрудниками в рамках творческих групп, вырабатываются навыки работы на установках и современных приборах.

Задачи развития науки тесно связаны с подготовкой профессиональных кадров для науки. Основной формой подготовки являются магистратура и аспирантура. Для оценки квалификации соискатель ученой степени подготавливает и публично защищает диссертацию. Вопросы аттестации научных кадров высшей квалификации являются компетенцией Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации (ВАК РФ). К научным работникам относятся все лица, имеющие ученую степень или ученое звание, а также лица, занимающие должности научных сотрудников. Установлены две *ученые степени* – кандидат наук и доктор наук, а также *ученые звания* – ассистент, младший и старший научные сотрудники, доцент, профессор.

2. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ. ОСНОВНЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ СФЕРЫ

Наука изощряет ум;
ученье вострит память.
Козьма Прутков

Подразделение науки на хронологические этапы в определенной степени является условным вследствие сильной неоднородности по странам и континентам, обусловленной ограниченностью информации и разобщенностью ученых на начальном уровне становления науки как та-ковой из-за отсутствия государственного планирования и ряда других причин. По мере развития и превращения в непосредственную производительную силу роль науки в обществе становится определяющей. Наука не только изучает окружающий мир, но и сама становится объектом изучения.

Различают три *этапа развития науки*. Предыстория научной эры связана с неорганизованным накоплением научных знаний, основанным на наблюдениях и размышленииах. Научный эксперимент как таковой восходит к опытам итальянского ученого Галилео Галилея по замедлению свободного падения наклонной плоскостью. С этого началась новая эра в науке – эра великих экспериментов, результаты которых должны быть воспроизводимы, а устанавливаемые законы базировались только на надежно установленных фактах. Позже скажут, что наука спустилась с небес на землю по наклонной плоскости Галилея.

Второй этап датируется созданием машин и относится к возникновению собственно науки и началу ее использования в производственных целях. Наука дифференцируется. Математика, физика, химия, биология приобретают самостоятельное значение. *Движущимися силами науки* являются социальный заказ и внутренняя логика. Наука вырабатывает, теоретически обобщает и систематизирует знания о действительности, окружающем мире, открывает законы, исследует и объясняет процессы и явления. Однако она следует за производством и получает наиболее интенсивное развитие тогда, когда возникает конкретная потребность производства.

Третий этап относится к XX в. Наука оказывается впереди производства, играет определяющую роль. Она воздействует на общество через новую технику, технологию, планирование и управление. Научно-техническую революцию характеризует качественное преобразование современных производительных сил на основе постепенного превращения науки в непосредственную производительную силу. Наука пронизывает все элементы материального производства. Научные идеи реализуются на практике, внедрение научных открытий и изобретений в настоящее время – это

важнейший участок, позволяющий вывести все отрасли экономики на передовые рубежи.

По масштабу вовлеченных человеческих и материальных ресурсов наука в настоящее время вполне сопоставима с передовыми отраслями промышленности. Кроме того, наука представляет собой и *духовное явление* (как одна из форм общественного сознания), и *материальное явление*, поскольку является непосредственной производительной силой.

В разных странах и *сферах* наука развивается с национальным предпочтением. Если проанализировать количество работ в международных журналах и оценить уровень их цитируемости (как показатель использования научных знаний), то можно воспользоваться данными, опубликованными в международном научном и прикладном журнале «Биосфера» («Biosfera», www.21bs.ru), т. 9, № 2 за 2017 г. В российской науке главное место занимают математика, физика и материаловедение. Несколько меньше публикаций относится к химии и химической инженерии. В США – это генетика, биохимия, молекулярная биология, а также медицина и нейронауки, их догоняет *инжиниринг* – создание новых технологий. США являются мировым научным лидером, на их долю приходится максимум научных публикаций и максимум нобелевских лауреатов.

Китайские ученые успешно осваивают космические и ядерные технологии, квантовую связь. Молодая японская наука поглощает 3% валового национального продукта (в удельном исчислении больше всех в мире). В основном работая на частные компании, японские ученые совершенствуют зарубежные технические решения, технику. Активно развивается британская наука. Признается, что развитие науки обусловлено уровнем высшего образования в конкретной стране.

3. МЕТОДОЛОГИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Твори,
выдумывай,
пробуй!
В. Маяковский

В традиционном понимании *методология науки* – это учение о методах и процедурах научной деятельности, а также раздел общей теории познания (*гносеологии*), в особенности теории научного познания и философии науки. В прикладном смысле методология науки – это система принципов и подходов исследовательской деятельности, на которые опирается исследователь (ученый) в ходе получения и разработки знаний в рамках конкретной научной дисциплины – физики, химии, биологии и других дисциплин.

Общая методология научных исследований базируется на *диалектическом материализме*. Единство и борьба противоположностей в науке, научная критика и свободная борьба мнений являются закономерностью и источником развития науки. Наука развивается, опираясь на ранее полученные знания. Движение ее происходит по спирали от менее точных к более точным знаниям, от истин первого порядка к истинам второго порядка и т. д.

Ранняя методология основывалась на прямом наблюдении и попытках осмыслиения явления. Аристотелева эпоха состояла в логических рассуждениях. Прямое наблюдение не позволяло проникнуть в сущность явлений. Изобретение микроскопа и телескопа раздвинуло область наблюдения, то есть получения научных фактов. Эпоха, отмечаемая научным вкладом Галилея, изменила методологию науки. Теперь видимое перестало быть достаточным для понимания сущности. В частности, геоцентрическая система устройства мира сменилась на гелиоцентрическую. Потребовалось пересмотреть теорию мироздания, которая дополнялась и новыми положениями, и новыми концепциями. Эти методические концепции распространяются и на другие сферы научного познания. Таким образом, благодаря Галилею появилась новая парадигма – совокупность теоретических положений и методологических подходов для развития науки на некоторый период.

Результат познания фиксируется в *научной теории*. Она построена из высказываний по принципу выводимости. Цель создаваемой конкретной теории заключается прежде всего в том, чтобы понять все относящиеся к данной теме уже известные факты. В этом проявляется решающая роль практики в развитии теоретического мышления и науки вообще. Если выявляются несоответствующие теории факты, то в теорию вносятся коррективы. Затем от теории требуется способность делать определенные утверждения, предсказания по получению новых результатов, допускающие

проверку путем эксперимента или наблюдений. Как только теория выделяет эту проверку, перед ней возникает очередная задача – сделать следующее предсказание, и открываются все новые и новые способы проверки. Так развивается теория, либо на какой-то стадии обнаруживается ее несостоительность. Поскольку существует область эмпирического знания, адекватно описываемого этой теорией, то ее отрицание должно носить диалектический характер, устанавливаются область работоспособности и граничные условия.

Главный метод науки – строить предположения с попыткой уловить зависимости и закономерности явлений, а затем проверять экспериментально выводы из этих предположений. Первоначальные данные и объяснения оформляются в виде *гипотезы*, в которой должны содержаться пути ее доказательства или возможной корректировки. Гипотеза является формой развития естественных наук.

Студенческие исследования являются самыми ранними научными исследованиями будущего ученого. Поэтому к НИРС следует относиться серьезно, сознательно и с учетом всех требований, которые предъявляются к научным исследованиям. Период случайных открытий прошел, и только четкая формулировка задач исследования, корректная подготовка эксперимента, учет погрешностей и анализ полученных данных могут привести к новым результатам. Изложенные ниже этапы научного исследования в той или иной степени присущи каждой научной работе. При этом исследователь должен постоянно иметь перед собой общую цель и уточнять отдельные задачи и план работы по мере получения результатов и появления новых публикаций.

Вне зависимости от темы и объема научного исследования общая структура НИР характеризуется определенной последовательностью выполнения работы. Можно выделить обязательные этапы, которые студенты бакалавриата должны соблюдать в своей ВКР.

Основные этапы научного исследования

1. *Выбор темы исследования* включает оценку актуальности вопроса на основе анализа современного состояния решаемой научно-технической проблемы, из чего делается вывод о необходимости проведения НИР. Обязательно должны быть показаны научная новизна темы, а также связь данной работы с другими НИР.

2. *Изучение состояния вопроса* включает *аналитический обзор* научной и технической литературы по данной тематике и обоснование выбранной темы. Необходимо использовать монографии, научные и научно-технические журналы, сборники материалов конференций, патенты. Большую помощь могут оказать *реферативные журналы* (РЖ), в которых приводят библиографическое описание литературного источника и его краткое

содержание. Собранный материал должен быть проанализирован с определением нерешенных вопросов и выявлением противоречий между данными различных исследователей, поэтому недостаточно просто перечислить результаты, полученные в области выбранной темы. В аналитическом обзоре приводится не механический пересказ источников, а творческий синтез, обобщение важнейших известных сведений с логическим изложением идей и фактов, с заключением и собственными выводами. Основные выводы обзора служат базой для постановки цели и задач конкретного исследования.

В настоящее время важное значение при составлении аналитического обзора приобретает использование электронных ресурсов, содержащихся во всемирной сети Интернет. Для общего знакомства с темой, поиска тематических сайтов, а также ссылок на тематические электронные издания можно использовать поисковые системы Яндекс (www.yandex.ru), Google (www.google.ru), Bing (www.bing.com). Также можно воспользоваться материалами свободной электронной энциклопедии «Википедия» (ru.wikipedia.org). Статьи Википедии всегда сопровождаются ссылками на источники с более подробной достоверной информацией. Электронные версии огромного количества научных изданий размещены в различных электронных библиотечных системах: «Единое окно» (window.edu.ru), «Google Академия» (scholar.google.ru), eLibrary.Ru (elibrary.ru), «КиберЛенинка» (cyberleninka.ru), «Лань» (e.lanbook.com) и др. На сайтах многих научных журналов имеются архивы номеров, где можно найти полные тексты опубликованных статей. Кроме того, на сайтах Федеральной службы по интеллектуальной собственности (rospatent.gov.ru) и Федерального института промышленной собственности (fips.ru) можно ознакомиться с опубликованными патентами на изобретения.

3. *Формулировка цели и задач работы.* Цель работы определяет конечный результат данного исследования, а задачи содержат пути достижения поставленной цели. Цель должна носить конкретный характер с учетом условий возможности выполнения, а задачи должны быть согласованы по времени. Формулировки цели и задач исследования должны быть предельно краткими. В бакалаврских ВКР должна ставиться одна конкретная цель и 2...3 задачи для ее достижения. Как говорил член-корреспондент АН СССР Н. И. Никитин: «В науке важно сделать маленький, но прочный шаг».

4. *Выработка рабочей гипотезы.* Гипотеза – это научное предположение, выдвигаемое для объяснения каких-либо явлений. Гипотеза научна, поскольку она проверяется экспериментально. Простое предположение не является гипотезой.

5. *Определение методов исследований и методов расчета.* Описание конкретных методик проводится только в том случае, если они являются оригинальными или если в них содержатся какие-либо существенные из-

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru