

ской экономики. По всей вероятности, есть все основания рассматривать игнорирование гуманитарной составляющей реформ в качестве одной из существенных причин сохраняющегося социального напряжения в обществе.

Что же необходимо сделать в ближайшее время для достижения баланса между экономическим, социальным и гуманитарным компонентами реформ?

Первым и наиболее серьезным шагом, по-видимому, должна стать не очередная констатация значимости гуманитарных наук, а реализация на практике приоритетного внимания к ним руководства страны. Точно так же, как без участия женщин — носительниц гуманитарного начала, — ни одно правительство не может быть полноценным и сбалансированным, руководство Академии наук и Министерства науки и технологий никогда не станут по-настоящему эффективными и адекватными реальным потребностям общества до тех пор, пока в этих руководящих структурах ведущие специалисты гуманитарных, естественных и технических наук не будут представлены пропорционально роли и значению соответствующих областей знаний.

Для многих представителей так называемых фундаментальных наук стало буквально откровением, что даже далеко не полный список научных дисциплин, входящих в сферу гуманитарных, превышает четыре десятка; что, в отличие от естественных и технических наук, число гуманитарных за последние годы значительно увеличилось. В частности, появились серьезные отечественные исследования в области проблем комплексного изучения человека, социальных проблем медицины и экологии человека, прогнозирования социально-экономического развития страны, социальной истории науки и техники, этики науки и многих других. После долгого периода — практически полного отсутствия исследований по проблемам науковедения — это важнейшее направление тоже начинает возрождаться.

Если мы строим действительно гражданское общество, если права человека не пустой звук, если реформы проводятся не ради реформ, а на благо человека, гуманитарные науки, без которых достижение этих благородных целей невозможно по определению, должны занять подобающее им место в научно-технической сфере. Без этого все усилия и затраты вновь окажутся малоэффективными.

Х. О. ЗИБУМ

**ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ
ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ МЕХАНИЧЕСКОГО ЭКВИВАЛЕНТА ТЕПЛОТЫ:
ТОЧНОСТЬ ИНСТРУМЕНТОВ И ПРАВИЛЬНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ
В РАННЕВИКТОРИАНСКОЙ АНГЛИИ¹**

В этой статье я рассмотрю вопрос о том, может ли воспроизведение классических экспериментов каким-то образом помочь пониманию исторической практики экспериментирования. В качестве конкретного примера я возьму эксперимент по определению механического эквивалента теплоты, проделанный Джеймсом Прескоттом Джоулем (*James Prescott Joule*) из Манчестера. В своей статье «О механическом эквиваленте теплоты», опубликованной в 1850 г. в «*Philosophical Transactions*» [1], Джоуль подробно описывает механическое трение в жидкости как *прямой метод* определения механического эквивалента теплоты. После нескольких более ранних опытов по выделению тепла с помощью электричества он решил, что трение в воде будет самым простым, а потому и убедительным экспериментом, подтверждающим его тезис о существовании постоянного соотношения между теплотой и работой². В этой статье Джоуль сообщает подробнейшие сведения о механической конструкции своих экспериментальных установок, описывает конструкцию колеса с лопастями для перемешивания жидкости, а также приводит детальные указания насчет того, как нужно проводить сам эксперимент. Результаты его опытов сведены в таблицы чисел; последние представляют его работу как серию точных лабораторных измерений и призваны служить доказательством существования этой фундаментальной постоянной, а также — правильности определения ее величины. Но даже несмотря на столь скрупулезный отчет, вплоть до конца XIX в. высказывались сомнения и по поводу существования такой постоянной, и по поводу надежности использованной Джоулем методики ее определения. До этого времени работа Джоуля по определению «механического эквивалента теплоты» и, в частности, его эксперименты по трению в воде оставались спорными.

¹ Перевод статьи: *Sibum H. O. Reworking the Mechanical Value of Heat: Instruments of Precision and Gestures of Accuracy in Early Victorian England // Studies in History and Philosophy of Science. 1995. Vol. 26. № 1. P. 73–106. Публикуется с разрешения издательства Elsevier Science Ltd.*

² Методы для определения механического эквивалента теплоты могут быть разделены на прямые и не прямые. В «экспериментах над трением в жидкостях», которые проводил Джоуль, использовался *прямой метод* — превращение механической энергии в теплоту. Пример *непрямого метода* — получение теплоты в воде посредством электрического тока.

Историки науки неоднократно подчеркивали значение этой работы для развития термодинамики вообще и кинетической теории теплоты в частности. Задачей же настоящей статьи является рассмотрение измерительной практики Джоуля в ее культурном контексте. Помимо изучения таких источников, как сделанные самим Джоулем описания экспериментов, зафиксированные в его опубликованных работах, записных книжках и письмах, исторический анализ включал работу на копиях его установки для опытов по трению в воде. Предпринятое исследование представляет собой попытку изучить личный вклад Джоуля в производство научного знания, выравшийся в его публикации 1850 г.

В первом разделе статьи я дам подробный отчет о своих собственных попытках воспроизведения эксперимента с лопастным колесом, в которых использовались разные варианты установки. Последующий исторический рассказ откроет новые, ранее не изучавшиеся, аспекты экспериментальной практики прошлого. В частности, я покажу, что уникальная экспериментальная практика Джоуля основывалась на трансформации различных традиций, не имевших явной связи друг с другом. Как выяснилось, для проведения его опытов требовались термометрические навыки, которые были редкостью в сообществе физиков ранневикторианской эпохи. В это же время, однако, такие навыки были широко распространены среди пивоваров, — а Джоуль был причастен и к их сообществу. Второй раздел познакомит читателя с манчестерской культурой пивоварения и с тем, как она изменялась. В третьем разделе я остановлюсь на современном Джоулю пивоваренном производстве и покажу, что новые методы пивоварения были проявлением более общих изменений культурных традиций того времени. Речь пойдет о введении абсолютных стандартов, призванных «заставить» индивидуальное, местное, знание работать повсюду. Мастерство ремесленника стало контролироваться точными инструментами, которые стали гарантами качества продукции. В четвертом разделе будет описана «лабораторная жизнь» Джоуля, в которой его мастерство пивовара оказалось весьма уместным. Будут показаны специфические формы разделения физического и умственного труда. Как выяснится, Джоуль создал свои собственные стандарты качества, что превратило его, так сказать, в артиста без публики. В заключительном разделе речь пойдет о попытках Джоуля создать для себя аудиторию, в которой он мог бы выступать в роли естествоиспытателя. Будут рассмотрены трудности, с которыми он столкнулся при попытке сообщить публике свое индивидуальное знание. Я покажу, что его методы и выбор аргументации, описанные в работе «О механическом эквиваленте теплоты», являли своеобразный гибрид представлений ремесленника и джентльмена-ученого³. Его попытки передать свое знание раскрывают важное значение надежности измерений. Станет ясно, что использование точных инструментов должно было происходить параллель-

3 О значении ремесла и сознания ремесленника в этот период см. [2]. О «джентльменах-ученых» (*gentlemen specialists*) см. [3].

но с формированием общепринятых представлений о правильности измерений — культуры оценок, которая к тому времени еще не была создана⁴.

«Новые эксперименты с трением жидкостей» и их трудности

Erstens kommt es anders, zweitens als man denkt⁵

[Первый блин всегда комом]

Хорошо известно, что производство экспериментов определяется не только материальной культурой, но и способностью экспериментаторов правильно обращаться с объектами и друг с другом. Для описания этого фундаментального аспекта человеческой практики существует целый ряд терминов — таких, как «навыки», «неявное знание» или «сноровка». Историки науки выработали разнообразные методы для изучения практик прошлого. Излюбленными приемами экспликации «неявного знания» интересующих нас ученых являются метод «чужака», использование их собствен-

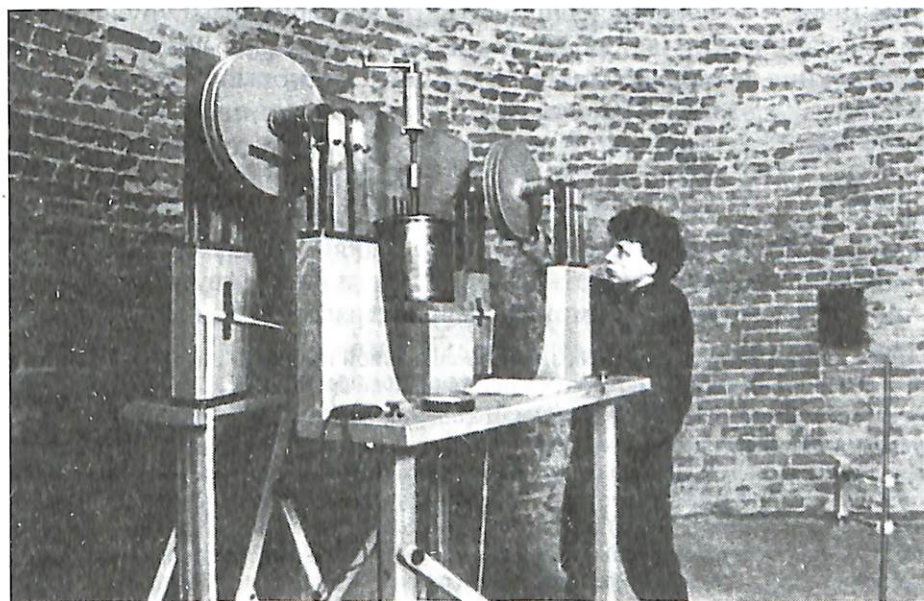


Рис. 1. Подготовка к проведению эксперимента Джоуля с лопастным колесом в пороховой башне г. Ольденбурга

⁴ В рамках данной статьи термины «точность» (*precision*) и «правильность» (*accuracy*) употребляются соответственно их значениям в рассматриваемый период. Для Джоуля и его современников понятие «точность» относилось к качеству инструментов, тогда как «правильность» относилась к качеству работы.

⁵ Немецкая поговорка; дословно: сперва получаем не то, а второй раз — как задумано. — Прим. перев.

ных категорий и изучение их полемики⁶. Примененный в настоящей работе прием воспроизведения экспериментов служит дополнением к перечисленным подходам. Этот антропологический метод включает в себя создание копий экспериментальных установок, работу на них, а также документальное исследование той исторической эпохи, в которой первоначально проводились интересующие нас эксперименты. В ходе работы все три компонента обогащают и дополняют друг друга. Такой подход может помочь нам воссоздать скрытые стороны деятельности прошлого, — которые либо считались само собой разумеющимися, но хранились в тайне и потому не записывались, либо стали жертвами формального или механического представления их первоначального содержания. Этот тезис будет справедливым только в том случае, если мне удастся показать, что мой собственный опыт проведения эксперимента соотносится с его историческим прецедентом. Говоря о полученном мною «индивидуальном знании»⁷, я буду использовать термин «операциональное знание» (*gestural knowledge*)⁸ для обозначения комплекса навыков и мастерства, приобретенных в ходе проведения опытов.

Летом 1990 г. мы⁹ начали воспроизводить эксперимент Джоуля по определению механического эквивалента теплоты с помощью лопастного колеса. Конструкция экспериментальной установки основывалась на публикации 1850 г. в «*Philosophical Transactions*». В ней Джоуль приводит детальное описание аппарата, экспериментальной методики, а также таблицы данных эксперимента, чтобы показать «строгость» (*exactness*) полученного им результата. При (вос)создании первого варианта экспериментальной установки мы старались четко следовать инструкциям, данным в тексте статьи. Термометры Джоуля не удалось воспроизвести из-за отсутствия у нас достаточной информации и, возможно, навыков изготовления¹⁰. Поэтому из-

6 Об исторических исследованиях экспериментальной практики см. [4–7]. Об антропологических и социологических подходах в истории науки см. [8–10].

7 Об «индивидуальном», или «локальном», знании см. [11].

8 Исторические исследования обычно имеют дело с литературными источниками и материальными реликвиями. Рудольф цур Липпе (*Rudolf zur Lippe*), подчеркивая важность производительной силы жеста в истории, предложил термин «историческое жестовое знание» (*gestisch geschichtliches Wissen*) для обозначения операционального знания устных культур. В своих исторических исследованиях я применяю понятие «операциональное знание» к нелитературным традициям экспериментальной практики прошлого. Поэтому в рамках настоящей статьи операциональное знание следует понимать как знание, нераздельно связанное с выполнением определенной работы и изменяющееся соответственно ее специфическим видам (это знание, к примеру, не будет одним и тем же при обращении с инструментом и при использовании математического аппарата) и новым историческим обстоятельствам. Более подробное обсуждение этого подхода см. в [12].

9 В первой части моего исследования мне помогал Петер Херинг (*Peter Heering*), аспирант исследовательской группы по изучению высшего образования и истории науки на физическом факультете университета имени Карла фон Осецкого в Ольденбурге, в Германии. Все копии приборов были сделаны там, и я очень благодарен физическому факультету и в особенности тем его представителям, которые участвовали в этой работе.

10 Термометра Джоуля больше не существует, но я смог восстановить его устройство, основываясь на собственных записях Джоуля и на статье [13].

мерения проводились с помощью двух очень чувствительных термометров Бекмана (*Beckmann*), позволяющих регистрировать температуру с точностью 1/100 градуса Цельсия. Такая точность соответствует тому, что сам Джоуль сообщал о градуировке своих термометров. Мы считали, что условия современной лаборатории, оснащенной кондиционером, позволят нам обеспечить «постоянство температуры», упомянутое Джоулем.

Экспериментальный метод Джоуля состоял в следующем:

Определялась температура прибора трения, грузы удерживались в подвешенном состоянии с помощью подставки *h*, и вал прикреплялся к оси. Затем посредством узких деревянных градуированных полосок *k, k* определялось точное положение грузов над землей, вал освобождался и ему давали возможность вращаться до тех пор, пока грузы не достигали вымощенного плитам пола лаборатории, опустившись на 63 дюйма. Вслед за этим вал снова устанавливался на подставку, грузы снова поднимались и трение возобновлялось. После того как эта процедура повторялась двадцать раз, эксперимент завершался новым наблюдением температуры прибора. Средняя температура лаборатории определялась в начале, в середине и при завершении каждого эксперимента. Непосредственно перед каждым опытом или сразу после него я проводил проверку воздействия излучения или передачи теплоты из атмосферы или в обратном направлении на понижение или повышение температуры прибора трения. При этих проверках положение аппарата, количество содержащейся в нем воды, время проверки, метод наблюдения показаний термометров, положение экспериментатора — короче говоря, все условия, за исключением того, что аппарат покоился, были такими же, как и в экспериментах, в которых наблюдался эффект трения [1, с. 305–306].

Уже первые наши попытки повторить опыт в таком варианте позволили нам сделать ряд интересных наблюдений относительно процесса создания научного факта. Сначала нам казалось очевидным, что эксперимент должен проводиться двумя исследователями: один поднимает грузы, а второй регистрирует температуру. Но когда мы вошли в комнату, чтобы измерить температуру, термометры немедленно среагировали на излучение наших тел, и мы обнаружили, что постоянная температура была зарегистрирована через час. Для поддержания этой неизменной температуры пришлось во время опытов не допускать в лабораторию зрителей. Более того, высокая чувствительность термометров требовала, чтобы мы научились правильно обращаться с ними. Процесс регистрации показаний термометра требует соблюдения определенной методики, включающей правильный выбор момента времени для снятия показаний. Чрезвычайно трудно было справиться с влиянием теплового излучения тела экспериментатора на прибор. Требовалась долгая практика работы с каждым конкретным термометром. В первое время мы облегчили себе работу, выработав, например, такое правило: выждать две минуты, снять показания и далее продолжать измерять температуру каждую минуту; затем взять среднее значение.

В статье Джоуля говорится, что двадцатикратное поднятие массы 26 кг на высоту 1,4 м должно быть осуществлено за 35 минут. Здесь мы потерпели

полную неудачу просто из-за недостатка физической силы. Пришлось делать эту работу вместе, но даже тогда для ее успешного выполнения нам требовалось 1 ч 20 мин. В результате этих действий мешалка (лопастное колесо) приходила в движение, и температура воды увеличивалась на $0,5^{\circ}\text{F}$. Вдобавок, поднятие грузов вызывало потоотделение, приводившее к повышению температуры помещения на 1°F . Чтобы избежать помех, вызванных тепловым излучением наших тел, мы решили уменьшить вес грузов и проводить эксперименты поодиночке.

Эти первые шаги показали также, что сконструированное нами лопастное колесо двигалось совершенно не так, как это описано у Джоуля. Скорость падающих грузов заметно отличалась от указанной в его работе. Стало ясно, что, несмотря на наши старания создать хорошую копию, сделанная нами конструкция существенным образом отличалась от оригинала. В опытах, которые мы проводили поодиночке, использовались грузы по 7 кг с каждой стороны, так как это соответствовало опубликованному Джоулем значению скорости опускания 2,42 дюйма/сек. Наши результаты лежали между значениями 500 и 1500 футофунтов/БТЕ. На этом этапе возник следующий интересный вопрос: оказывают ли различия в конструкции лопастного колеса существенное влияние на результат опыта? При работе на первом варианте установки мы еще не могли дать удовлетворительного ответа из-за колебаний температуры и неточности ее измерений. Увеличительное стекло, прикрепленное к термометру, позволило достичь точности $0,001^{\circ}\text{C}$. В итоге первая серия попыток установить механический эквивалент теплоты «по методу Джоуля» дала нам значение (средний результат двадцати экспериментов с грузами по 5 кг) 705 футофунтов/БТЕ со средним квадратичным отклонением 9,2%¹¹.

Этот подход нужно было дополнить исторической информацией. В Манчестерском музее науки и промышленности сохранились некоторые части оборудования раннего (1845 г.) эксперимента Джоуля с лопастным колесом. Нас интересовали различия в конструкции и измерительные приборы — в частности, «скользящий микроскоп» для градуировки чувствительных термометров Джоуля, сконструированный Джоном Бенджамином Дансером (*John Benjamin Dancer*). В Институте науки и техники Манчестерского университета хранятся записные книжки Джоуля. Заметки, касающиеся «нашего» эксперимента, очень скудны, а лабораторные отчеты об опытах представляют собой выполненные по ходу измерений записи чисел. Нет никаких письменных свидетельств ни о термометрических навыках Джоуля, ни о работе оборудования, ни о возможных трудностях при выполнении экспериментов, ни о его вероятных ассистентах. Зато в записных книжках содержится множество подробных расчетов удельных теплоемкостей использовавшихся металлов. Также Джоуль скрупулезно фиксировал данные о калибровке шкалы своего термометра относительно тер-

¹¹ Я очень благодарен Петеру Херингу, чьи независимые эксперименты с нашей первой моделью дали такие результаты и позволили провести полезные сравнения. Его отчет см. в [14].

мометров современных ему исследователей. К сожалению, термометры Джоуля погибли во время пожара в Философском обществе в начале XX в. Однако благодаря дальнейшей работе в архивах я получил достаточно хорошее представление об этом инструменте и об устройстве для его калибровки (см. рис. 4).

Музей науки в Лондоне дал разрешение на снятие мерок с принадлежащего ему лопастного колеса, которое считалось подлинным. Это дало мне основу для изготовления новой копии прибора¹². Я использовал всю возможную информацию о деталях и способах их изготовления, чтобы воспроизвести конструкцию и культуру работы настолько близко, насколько позволяли исходные возможности и мастерство. Сама новая копия прибора стала источником информации, дополняющим обычные первоисточники — письма, инструменты, записные книжки. 1 марта 1992 г. я начал новую серию экспериментов с этой новой копией уже в иной обстановке. Джоулево рабочее помещение представляло собой «просторный подвал, который имел то преимущество, что обеспечивал постоянство температуры, намного превосходившее возможности любой другой лаборатории». Мой предыдущий опыт воспроизведения его эксперимента указывал на важность такой обстановки: очень сильное тепловое излучение, сопровождавшее опыты, могло быть частично скомпенсировано именно в условиях большого помещения с более низкой температурой. Поэтому я стал проводить эксперимент в старой пороховой башне в Ольденбурге (см. рис. 1), которая в XVIII в. использовалась в качестве хранилища для мяса. Она была довольно обширна, и ее устройство позволяло надеяться, что царивший там температурный режим может предоставить новую информацию о рабочем месте Джоуля. Мои исследования показали, что выражение «постоянство температуры» в условиях данной пороховой башни реально означает колебания приблизительно в $0,5^{\circ}\text{C}$. Такие колебания я наблюдал, когда солнечная погода сменялась грозовым дождем. Но даже при видимом постоянстве погодных условий колебания температуры за 70 мин. (длительность одного законченного экспериментального цикла) могли достигать $0,5^{\circ}\text{C}$.

Как выяснилось, после входа в помещение требовалась акклиматизация. Джоуль вообще не упоминал это как проблему. Даже отвечая в 1853 г. на вопрос Стокса, он указывал: «Я довольно много размышлял над предметом ваших сомнений. Прежде всего, я не думаю, что для экспериментов с теплом совершенно необходимо иметь постоянную температуру, хотя было бы желательно избежать внезапных или неконтролируемых изменений» [15]. Этот ответ показывает, что постоянство температуры в понимании Джоуля, очевидно, допускало подобные колебания, — не в силу его неведения, но потому, что он был уверен в своей способности контролировать их с помощью определенной методики измерения температуры.

¹² Я очень благодарен хранителю музея Нилу Брауну (*Neil Brown*), который позволил мне снять мерки. Копия прибора изображена на рис. 5.

Я также столкнулся с трудностями при размещении термометров: их перестановка приводила к изменениям температуры. После нескольких недель практики я стал лучше справляться с этой проблемой, приспособившись к особенностям помещения. Из письменных источников я не мог получить дальнейшей информации о том, как именно Джоуль измерял температуру. Его методика осталась для нас неизвестной. Для воспроизведения экспериментальной практики Джоуля было необходимо узнать больше. Набросок термометра ученого, реконструированный на основе первоисточников, и заметки в его записных книжках позволили мне установить, что в своих опытах он снимал показания с точностью до 1/10 миллиметрового деления шкалы¹³. Конструкция его термометра избавляла от необходимости добиваться измерения с точностью до 1/20 деления. Разумно предположить, что знаменитое замечание Джоуля о том, что «постоянная практика позволила мне различать невооруженным глазом 1/20 деления», было сделано для того, чтобы убедить публику в надежности его измерений.

Очень важным фактором оказалась разница температур воды и воздуха. Ничего конкретного по этому поводу Джоуль не говорит. Его таблицы свидетельствуют о различии в 0,5–2,0°F (в ту или другую сторону). Если вода чуть теплее воздуха, можно ожидать убыли температуры с течением времени; однако это происходило не всегда. Если температура воды намного выше или ниже температуры воздуха, проводить эксперимент невозможно. Проведение эксперимента в правильных температурных условиях требовало немалого опыта.

Большого опыта требовало и завершение эксперимента. Правильный выбор момента времени и соответствующий навык в проведении температурных измерений оказались абсолютно решающими факторами. Предположительно, каждая серия измерений должна заканчиваться, когда достигнута конечная стабильная температура. Термометр Бекманна показывал стабильную температуру в пределах 6 мин. после погружения его в воду. Мы можем предположить, что термометр Джоуля вел себя аналогичным образом. Джоуль мог разумно оценить значение установившейся конечной температуры, и ему удавалось проводить измерения, снимая показания термометра, близкие к ожидаемому значению. Это уменьшало время снятия показаний. Но тем не менее окончание эксперимента представлялось проблематичным. Можно ли считать эти 4–6 мин. уже временем излучения? Как вычислить эту неопределенность? Все это привлекло наше внимание к надежности данных Джоуля об эффекте излучения в целом. Представим, что 6-литровый медный сосуд Джоуля наполнен водой. Если использовать его данные, то могло ли различие между температурами воздуха и воды в 2,09°F привести к суммарному повышению температуры на 0,106°F за 35 мин.?

¹³ Во всех относящихся к делу записях в его записной книжке существуют два вида значений: измеренные результаты даны с точностью до одного десятичного знака; значения, вычисленные с помощью «интерполяции» и преобразований, имеют два или три знака после запятой (см. [16, с. 162]).

Просторное помещение, конечно, уменьшало влияние теплового излучения человеческого тела. Общее повышение температуры помещения после эксперимента не поддавалось измерению. Однако в записных книжках Джоуля указаны значения ее повышения в пределах от 0,1 до 0,16°F. Заключительная «однородность температуры» достигалась с помощью усреднения. Чтобы минимизировать тепловое излучение от тела экспериментатора к сосуду во время опытов, был абсолютно необходим деревянный экран, который отражал бы это излучение в помещение.

Принятая нами на сей раз конструкция лопастного колеса сильно отличалась от описанной Джоулем в 1850 г. Наше колесо давало скорость 2,59 дюйма/сек., что близко к значению 2,42 дюйма/сек., указанному Джоулем. Эксперименты с нашей первой копией установки показали, что мы не можем воспроизвести механическую последовательность действий так, как это описано Джоулем. Лопастное колесо, смоделированное по образцу из Лондонского музея науки, позволило нам добиться этого. Поэтому представляется очевидным, что Джоуль использовал именно этот тип конструкции. В таком случае, требуется объяснить, почему Джоуль в своей публикации не дал соответствующего чертежа. Эта проблема особенно интересна потому, что наши опыты с разными видами колес давали разные значения механического эквивалента теплоты.

Самой мучительной механической проблемой была прочность шнуров. Сохранившаяся нить, которая соединяет деревянный вал оси лопастного колеса и блоки, сделана из очень тонкого просмоленного волокна. Мы не знаем, какой шнур Джоуль использовал для поднятия грузов, — вероятно, очень тонкий, так как это уменьшало бы трение. В моих экспериментах даже прочная рыболовная леска (рассчитанная на 60 кг) не выдерживала нагрузки. Приходилось часто ремонтировать установку. Источниками возможных ошибок были и прочие механические проблемы: изменение трения осей вала, смещение (в процессе работы) центра тяжести деревянных блоков, жесткость шнуров, трение стальной оси о латунное колесо, определение действительной величины участка равномерного движения и взвешивание грузов. В записях Джоуля приведены детальные решения всех этих проблем. Чтобы вычислить влияние трения, обусловленного блоками и жесткостью шнуров, он проводил измерения в течение нескольких дней. Джоуль соединял два блока шнуром, проходящим вокруг вала одинакового диаметра с тем, который использовался в экспериментах. В таких условиях можно определить вес, который надо добавить к одному из свинцовых грузов, чтобы удерживать их в состоянии равномерного движения [17]. Получив в этих опытах различные результаты (обусловленные различными условиями работы установки), Джоуль взял среднее значение веса и именно это значение привел в своей публикации. Он использовал «усреднение» как приемлемый метод устранения остаточных неоднородностей. Стремясь к получению «более правильных результатов», он продолжал эти измерения в течение многих лет. Проникновение Джоуля в материальную культуру эксперимента, возможно, лучше всего иллюстрируется его замет-

ками о термометре, в которых он проследил и зарегистрировал дрейф нулевой точки за более чем 40-летний период.

Устойчивость хрупкой (по сравнению с грузами) конструкции сосуда была на пределе. Малейшие неправильности блоков могли привести к раскачиванию неустойчивой оси, что, в свою очередь, грозило полным разрушением экспериментальной установки. Мне нужно было поддерживать абсолютно ровное вращение блоков, чтобы гарантировать безопасный привод для хрупкого лопастного колеса. Рукоятка наверху оси оказалась слишком коротка для того, чтобы поднимать грузы. Стало очевидным, что рукоятка модели в Лондонском музее науки не могла быть той самой, которую Джоуль (или кто-либо другой) использовал во время эксперимента. В таком виде она могла быть использована лишь в качестве демонстрационного приспособления.

Определяющими операциями были *регистрация температуры* и собственно *исполнение эксперимента*. Оба процесса требуют высочайшей степени внимания. «Исполнитель» должен был заботиться о симметричном подтягивании левого и правого шнуров. Он должен был отсоединять заводную рукоятку от оси и контролировать поведение оси и блоков. В механизме не должно было быть никаких неполадок, иначе лопастное колесо и термометр могли быть сломаны. Эта часть эксперимента выполнялась идеально тогда, когда в системе не возникало никаких колебаний. Хрупкая конструкция сосуда и оси позволяла устранить основной источник ошибок: теплоту, возникающую в результате постоянного трения во втулках, служащих для крепления оси. Но она же требовала от «исполнителя» подлинного артистизма. Что касается «регистратора», то он должен был производить измерения очень быстро — в начале, во время и в конце опыта. Контролирование температуры вблизи ожидаемой точки повышения в ходе опытов, работа в условиях плохого освещения, очень мелкая градуировка температурной шкалы и колебания температуры — все это требовало от «регистратора» полной сосредоточенности.

В результате десяти экспериментов я получил для механического эквивалента теплоты значение 746,89 футофунтов /БТЕ. Величина, полученная Джоулем, составляла 772,692 футофунта/БТЕ (общепринятое в наши дни значение — 776,1 футофунтов/БТЕ). Я оценил свои измерения так, как это сделал бы современный физик — по отклонению результатов от среднего значения. Вычисленное среднее квадратичное отклонение составило 2,1%, что является по сегодняшним меркам отличным показателем точности.

Тот факт, что мною был получен статистически точный результат, привлекает внимание к современным представлениям о точном измерении. С позиции физика представляется резонным вопрос: почему воспроизведение исторического эксперимента дало результат, который является точным, но не согласуется с общепризнанным значением. Физик будет склонен приписать это расхождение либо моей ошибке, либо «неправильности» (*inaccuracy*) результата самого Джоуля. С антропологической же точки зрения мой результат может также свидетельствовать о том, что точные инст-

рументы и их корректное использование неразрывно связаны друг с другом. Полученные мною данные, таким образом, указывают, что мое вживание в культуру экспериментальной работы Джоуля оказалось недостаточным для усвоения методов, использованных в его опытах. Несмотря на это, работа по их получению позволила мне почувствовать, что подразумевал Джоуль, говоря о «строгости» (*exactness*), о «правильных термометрических исследованиях» (*accurate thermometrical researches*), о «еще более правильном выражении этого соотношения» (*to obtain that relation with still greater accuracy*). Более того, данный результат показывает, что измерения, отвечающие стандартам точности, могут не согласовываться со значением, принятым в данной культуре. Близость многих результатов друг к другу, — которая, с точки зрения физиков, указывает на высокую степень точности, — не должна с необходимостью свидетельствовать о том, что получено общепринятое значение. В современной физике это несоответствие с общепринятым значением указывает на низкий уровень качества результатов, на их «неправильность». С этой точки зрения, полученный мною результат оказался точным, но неправильным.

Такая ситуация привлекает внимание к проблеме надежности точных измерений вообще. Она вызывает вопрос о том, какими путями культуры приходят к соглашению относительно правильного производства измерений. Можем ли мы выявить различные формы правильных измерений во времена Джоуля? Изменилось ли с течением времени наше представление о правильности измерений? Каким образом культуры определяют, какое значение является «истинным»? На какие методы мы неявно полагаемся, когда оперируем с численными значениями или создаем их? Какими навыками необходимо обладать, чтобы измерять температуру так, как это, например, делал Джоуль? Как мог бы кто-либо другой усвоить такие явно редкие способности, какими отличался он в своих измерениях?

Мои ответы на эти вопросы будут ответами историка. Предлагаемый мною подход покажет тесную связь, которая существовала в XIX в. между изготовлением прецизионных инструментов и формированием коллектива экспериментаторов, способных получать правильные результаты. В оставшейся части статьи я остановлюсь на практике измерений Джоуля и ее контексте до 1850 г. Основываясь на собственных попытках воспроизведения классического эксперимента Джоуля, я рассмотрю его индивидуальную «фабрику» по производству знания, из которой вышли его публикация «О механическом эквиваленте теплоты» и значение в 772,692 футофунта. Сами характерные особенности моей собственной экспериментальной практики подтолкнули меня к поискам тех исторических мест, где могли бы копироваться и совершенствоваться соответствующие инструменты и приемы работы. Как выяснилось, термометрические навыки и способы организации экспериментального процесса были тесно связаны с такими «мирскими» занятиями исторических персонажей, которые не оставили явных письменных следов. Основной арсенал инструментов и навыков, позволивший Джоулю добиться той точности, которую лорд Кельвин позднее превозно-

THE ART OF
BREWING AND FERMENTING,
 IN THE SUMMER,
 AND ALL OTHER SEASONS, TO THE GREATEST ADVANTAGE,
 AND THE
Making of Malt,
 EXHIBITED IN
 ESSAYS, AND DECIMAL TABLES,
 ACCURATELY CALCULATED,
 THE RESULT OF UPWARDS OF FORTY YEARS' EXPERIENCE;
 ALSO
 A DESCRIPTION OF THE AUTHOR'S NEWLY-INVENTED
THERMOMETER,
 By the Application of which extreme Precision and considerable Saving will be effected:
 AND
 A COPPER-PLATE ENGRAVING
 OF AN
Economical Plan
 FOR
 THE ERECTION OF A BREWHOUSE,
 INCLUDING HIS
Newly-invented Copper with moveable Pan:
 LIKEWISE
 A COMPARATIVE STATEMENT OF THE MALT LIQUOR BREWED IN LONDON
 In the Years 1729 and 1825,
 WITH THE NAMES OF THE BREWERS.

By JOHN LEVESQUE,
 FORMERLY OF THE ANCHOR BREWHOUSE, OLD STREET, ST. LUKES.

SECOND EDITION.

LONDON,

Printed by FEARTE & Co. 143, St. John's Street Road, and

PUBLISHED BY THOMAS HURST, 65, ST. PAUL'S CHURCH YARD:

And Sold by Grant and Son, Edinburgh; Cary and Co. Dublin, and all Booksellers.

1836

Рис. 2. Титульный лист книги Джона Левеска (1836 г.) «Искусство пивоварения и брожения в летний и все прочие сезоны, к наилучшим результатам приводящее, а также изготовления солода, представленное в заметках и десятичных таблицах, аккуратно рассчитанных на основе сорока с лишним лет опыта, а также описание новоизобретенного автором термометра, применение которого приведет к исключительной точности и значительной экономии...»

сил как волшебную, имел истоки в традициях пивоваров¹⁴. В следующем разделе я представлю манчестерскую культуру пивоварения как *операциональный коллектив (gestural collective)*¹⁵, обращая особое внимание на близкие нашей теме методы и их существенные изменения.

Меняющиеся стандарты манчестерского пивоварения

В прежние времена представители низших классов, которые были и до сих пор остаются основными потребителями пива, считали признаком изнеженной изысканности — требовать стакан, чтобы пить из него пиво; и какой бы мутной ни была эта жидкость, она с неописуемой живостью струилась в их луженые глотки из оловянных кружек, и все было им по нутру; но нынче все переменилось! Чистый стакан, наполненный искрящимся элем — ничто меньшее не может удовлетворить даже нижайшего из низких... Раньше от пивовара требовалось подавать публике пиво, выдержанное один, два и три года... Однако сейчас такое пиво не найдет широкого потребления, и от пивовара требуется готовить пиво круглый год и подавать его уже через несколько дней после изготовления — идеально мягкое, молодое и прозрачное. Однако делать это в жаркую погоду, конечно, непостоянная задача для непосвященных [20, с. 97].

Исторические исследования науки о теплоте обычно подчеркивают достижения инженеров в разработке паровых машин [21, с. 77]. Между тем в 1840-е гг. основным хранилищем редкого и неравномерно распределенного «практического знания» тепловых измерений была пивоварня. «Если солод затерт слишком теплой, / или слишком холодной водой, / вместо сусла он станет нетекой, / говоря по-простому бурдой»¹⁶. Литературные свидетельства, подобные этой поговорке, дают нам представление о специфическом «подражательном знании» (*imitative knowledge*) пивоваров — форме знания, которая «передается лично наставником или является результатом подражания действиям других людей, пристального и внимательного наблюдения за их практическими операциями» [20, с. 137]. Автор этого определения — Джордж Адольфус Вигни (*George Adolphus Wigney*), зажиточный пивовар из Брайтона и составитель первого «Словаря, или Энциклопедии» пивоварения, — оставил подробный отчет о том, как трудно передать это традиционное «практическое, или подражательное, зна-

14 Ни записи самого Джоуля, ни работы историков не утверждают ничего определенного относительно этого аспекта его экспериментальной практики. Филип Миrowsки (*Philip Mirowski*) упоминает о связи между работой Джоуля и пивоварением [18, с. 128–129]. Однако, будучи исследователем исторических связей экономики с физическими моделями, он обращает внимание не на «подробные описания экспериментов», а на методы учета. По сути дела, Миrowsки использует пивоварение, чтобы объяснить, каким образом Джоуль предположительно мог получить значение механического эквивалента независимо от своих экспериментов. Я же постараюсь показать, как практика пивоварения позволила ему провести эти эксперименты.

15 Я использую этот термин, чтобы определить те исторические области, в которых существовало операциональное знание. Близким по значению является термин «сообщество навыков» (*community of skills*), которым пользуются мои коллеги Роб Илайф (*Rob Iliffe*) и Майкл Берлин (*Michael Berlin*), применяя его к местам развития тех или иных навыков. См. [19].

16 Either partially or totally, the malt will be set, if with water too hot or too cold, it is wet.

ние» пивоварения в виде текста. Он перевел свой опыт пивовара, а также историческую коллекцию устных свидетельств, пословиц и поговорок на *свой собственный* химический язык. Но при этом он сам настаивал, чтобы это знание рассматривалось как гипотетическое, в силу специфического и тонкого характера предмета: «Если чувственных способностей человека не хватает на то, чтобы проникнуть в тайну природы и увидеть строение атомов..., то почему же тогда разум, не осведомленный чувствами, должен стараться заменить истину выдумкой?» [20, с. 193–194].

В этой устной культуре, указывал Вигни, большинство операций (к примеру, сололожение) усваивалось по традиции:

Это — подражательная система труда, в которой используются три чувства из пяти: зрение, осязание и обоняние, и в которой умственные способности играют обычно лишь малую роль. На основе интуитивных указаний одного или всех трех этих чувств опытный солодовник-практик скажет, когда зерно в порядке, когда его нужно перевернуть или сгрести, подогреть, добавить воздуха или воды, когда нужно ускорить или замедлить процесс, и когда оно готово для сушки и различных последующих операций. Но если вы попросите его сформулировать, каким образом он это определяет, он не сможет выразить своих мотивов ясным и понятным языком, так как ум не принимает участия в этом процессе. И его опыт, непередаваемый на словах, не может быть передан и на практике, ибо он не в состоянии передать другому с помощью словесной инструкции ту проникаемость чувств, которую он сам приобрел в результате долгого и непрерывного наблюдения [20, с. 224]¹⁷.

Чтобы отразить эту преимущественно устную культуру пивоварения и ее практику как равноправную культуру, я буду называть ее формы «подражательного знания» — *операциональным знанием*.

Приведенная выше поговорка ясно показывает, что для определения нужной температуры затирания требовался личный опыт как необходимое условие для получения продукта стабильного качества. Правильная температура зависела не только от количества и качества солода и изменений температуры атмосферы в зависимости от сезона, но также и от месторасположения бродильного чана и количества излучаемого им тепла. Поэтому только продолжительная практика и определенный «навык определения температуры затирания» позволяли успешно контролировать процесс пивоварения. Пивовары и солодовники были носителями этого операционального знания. Температура затирания часто составляла секрет местных пивоваров и зависела от индивидуальных масштабов и способов приготовления. Мастерство солодовника делало его одним из самых уважаемых и необходимых «деятелей» (*agents*)¹⁸. Продукция и продажа эля или портера со стандартным цветом и вкусом всецело зависела от способности опреде-

¹⁷ См. также замечательную работу [22] о непередаваемом знании.

¹⁸ Термин «деятель» использовался в пивоварении применительно к «выполнению действия некоей подставной силой, выступающей в роли посредника между причиной и следствием» [20, с. 43]. В этом смысле теплота или воздух были «деятелями» наряду с солодовниками.

лить удельную теплоемкость в процессе затирания и брожения. Поэтому «теплота была основным деятелем» всего процесса пивоварения, а солодовник и пивовар — ее повелителями. Чтобы обеспечить контроль за этим решающим моментом всего производственного процесса, в своих рекомендациях для больших пивоварен Вигни предлагал нанимать высокооплачиваемых штатных солодовников¹⁹. Даже в периодически случавшихся ситуациях, когда «лучшие фирмы были в расстройстве», т. е. когда главные пивоварни (иногда по несколько недель кряду) выпускали плохое или совсем скверное пиво, это никогда не вменялось в вину солодовнику. Виною тому могли быть другие «деятели» — изменения в атмосфере, ухудшение качества дрожжей или воды. Пивовары полностью полагались на представителей устной культуры с их операциональным знанием — они были непревзойденными авторитетами в процессе производства.

Процесс пивоварения и экономика рынка были конфликтующими полюсами производства. Кроме того, возникшая в XVIII в. государственная акцизная система, для нужд которой параметры жидкости измерялись широко распространенными ареометрами, поставила пивоваров в зависимость от метрологической службы, находившейся под контролем государства и распространившейся по всей территории страны (Об этой системе контроля напоминают даже названия некоторых видов пива — такие, как «шестьдесят шиллингов» или «восемьдесят шиллингов»). По свидетельству Уильяма Коббетта (*William Cobbett*), в 1820-х гг. «снижение заработной платы (по сравнению с ценами на продукты) из-за введения бумажных денег, огромные налоги на переработку ячменя в солод и увеличение налога на хмель <...> совершенно изменили обычаи английского народа по части питья» [23, с. 12]. Питье пива стало общественной, а не домашней культурой. Работники и торговцы «теперь проводят вечера в общественной пивной среди табачного дыма и праздного шума» [23, с. 21]. Упадок домашнего пивоварения и изменение вкусов публики привели к обогащению пивоваров в первые десятилетия XIX в. и к изменениям в их производственных методах. Изменения спроса и предложения в 1830-е гг. (отраженные в эпиграфе к данному разделу) также оказали прямое влияние на практику пивоварения. Как свидетельствует, к примеру, титульный лист «Искусства

19 У пивоваров в то время процесс соложения считался экономическим рычагом в пивоварении, т. е. благодаря годовым изменениям количества и качества солода, пивовары имели возможность покупать его у разных производителей, чтобы держать цены на пиво на постоянном уровне. Но предложение Вигни касалось главного затруднения, с которым приходилось иметь дело новому «научному» пивовару, — как гарантировать в течение всего года *стандартный вкус*. Я очень благодарен Петеру Матиасу (*Peter Mathias*), обсуждавшему со мной этот вопрос.

пивоварения и брожения» 1836 г. (см. рис. 2), пивовары стали больше интересоваться научным пониманием законов и сил, действующих в «богатой лаборатории природы». Более подробные сведения о природе тепла и процессе брожения, обеспечивающие «точный контроль», обещали принести экономическую выгоду²¹. Ожидалось, что использование научного подхода в пивоварении приведет к получению коммуникативного (т. е. передаваемого) знания о точных значениях температур, величин и промежутков времени, используемых в последовательных циклах пивоварения, а также об особенностях процессов купли и продажи.

Скрупулезные «научно-осмысленные» количественные исследования тонких превращений тепла в процессах прорастания, брожения и затирания представлялись краеугольным камнем «новой системы» пивоварения. Вигни первым употребил этот термин для того, чтобы противопоставить «науку пивоварения» пивоварению как ремеслу. Появление такой сводки практических рекомендаций, какой была его «Энциклопедия», свидетельствует о том, как интересы «никогда не прощающей публики» формировали обычаи пивоварения. Этот труд, написанный в 1838 г., представлял основательную попытку приобщить необразованного пивовара к сокровищам науки. Ибо Вигни полагал, что «пивоварня вполне может быть названа пивоваренной химической лабораторией, которая должна быть оснащена в соответствии с самыми передовыми достижениями химии и механики, чтобы позволить пивовару приготовить наилучший продукт с наименьшими затратами» [20, с. 89].

Большие пивоварни — такие, как «Уильям Джоуль и Сын», — создавали производство, в котором могли взаимодействовать различные «формы жизни»: старая культура пивоварения с ее специфическими локальными навыками и новая культура инженеров с ее технологией паровых машин. Интересы этих двух культур сходились на природе и превращении теплоты, но операциональное знание первой едва ли было понятно второй. Пивоварня Бенджамина Джоуля давала необходимый капитал, позволивший его сыновьям вести образ жизни, который Вигни описал следующим образом:

Теперь они [сыновья пивовара] оказываются в школе, — баловни судьбы, которым образование нужно не для того, чтобы зарабатывать на хлеб, а просто как украшение, позволяющее им с блеском войти в светское общество... Ведь для нашего пивовара вполне достаточно уметь определять температуру затирания и взвешивать солод! Все остальное может быть сделано хорошо обученными слугами. Именно таким образом преуспел его отец, и разве ему нужно что-либо сверх этого? [20, с. 68 и далее].

²¹ Пивоварня Джоуля изготавливала эль и портер, производство которых, вероятно, было наиболее надежным путем получения прибыли. Две важнейшие проблемы, стоявшие на пути совершенствования пивоварения в 1830-е гг., были описаны Уильямом Блэком (*William Black*): «Ни в одном из трактатов по пивоварению, которые попадались мне на глаза, я не мог найти каких-либо определенных или специальных правил определения нужной температуры для сусла. Это замечание касается и того, что можно назвать наиболее важной и наименее понятой операцией в процессе пивоварения, а именно ферментации: я ни разу не встретил такого ее описания или объяснения, которое могло бы служить руководством для пивовара» [24, с. А2].

Хотя Вигни указывал, что не все семьи пивоваров подпадают под такое описание, нам известно, что повседневная жизнь семьи Джоулей поддерживалась шестью домашними слугами. Частные уроки, которые братья Джоули брали у химика Дальтона, четко отражают интересы пивоваров того времени. Впрочем, брат Джеймса решил посвятить свою жизнь музыке, и сам он оказался перед выбором: или продолжить дело отца, или стать ученым. Он решил заняться и тем, и другим. Осенью 1843 г. Бенджамин Джоуль построил для своего сына Джеймса личную лабораторию в их новой резиденции Оук-Филд. До этого Джеймс экспериментировал в одной из свободных комнат имения Брум-Хилл. С 1834 по 1854 гг. Джеймс помогал отцу на пивоварне, работая «довольно часто с девяти до шести» [25, с. 113], а свои эксперименты проводил до завтрака или вечером. На протяжении двадцати лет основная часть его жизни протекала в этих двух, казалось бы, далеких друг от друга областях²².

Как показал Петер Матиас, «думающие люди» в сообществе пивоваров уже в конце XVIII в. считали использование термометров одним из основных достижений в переработке сырья [27, с. 63 и далее]. Но только в совокупности с ареометром это привело к представлению о стандартных температурах, что позволило пивоварам, винокурам и особенно государственной акцизной системе производить более точные измерения удельного веса жидкостей. «С помощью первого инструмента определялась температура, а с помощью второго — устанавливался вес, или тяжесть, экстракта, произведенного при этой температуре. Лишь таким образом мы вышли на путь, с определенностью ведущий к установлению *стандартных температур*» [28, с. 57]²³.

Во многих других операциях абсолютные измерения считались недостатком. Например, во время процесса соложения акцизные чиновники должны были контролировать различные стадии операции, чтобы не допустить обмана. Между тем пивовары считали «достойным всяческого сожаления», что «законодательный период» слишком часто вступал в противоречие с точкой зрения солодовника²⁴. С точки же зрения акцизных чиновников, использование абсолютных показателей было единственным «инст-

22 Исторические исследования о Джоуле расходятся относительно того, насколько он был вовлечен в пивоваренный бизнес. Коментарий Кардвелла (*D. S. L. Cardwell*) блестяще резюмирует мнения на этот счет: «Молодой Джоуль был бизнесменом. Как он сам впоследствии отмечал, после завершения обучения он, как правило, помогал на пивоварне каждый день с девяти утра до шести вечера. По манчестерским стандартам это отнюдь не считалось слишком большой нагрузкой, и Осборн Рейнольдс (*Osborne Reynolds*) позже утверждал, что Джоуль мало занимался бизнесом. Но хотя Джоуль и проводил часть своих исследований в пивоварне (о чем он не раз упоминал в своих статьях), его переписка ясно показывает, что он активно участвовал в ведении бизнеса, пока предприятие не было продано» [26, с. 3].

23 О роли ареометра в этот период см. [29].

24 Задача солодовника состоит в том, чтобы получить как можно больше сахара путем превращения крахмала ячменных зерен в сахар с наименьшей потерей сырья. Приготовление солода включает четыре процесса: замачивание, проращивание, отлеживание и сушку. Чтобы правильно назначить налог, акцизные чиновники калибровали оборудование и устанавливали стандартные временные промежутки — «законодательные периоды» (*legislative periods*) для выполнения ряда операций. Подробное описание см. в [30, с. 264–275; 20, с. 4].

рументом» для сбора пошлины. В 1842 г. они основали свою собственную лабораторию, чтобы защитить государственные сборы посредством установления стандартов, по которым проверялась работа пивоваров и винокуров²⁵. Хотя эти коммерческие интересы существовали с обеих сторон, тепловые процессы продолжали оставаться трудными для количественных расчетов. Оптимальная температура затирания могла в течение года варьировать в пределах 30 градусов. Отсюда Вигни заключил:

Если бы существовала неизменно правильная стандартная температура будь то для воды, или для затора [смеси солода с водой], а также оптимальная температура, при которой бы проходило наилучшее растворение и получалось наибольшее количество солодового экстракта, ее открытие явилось бы для пивоваров событием величайшей важности. Если бы такое открытие было сделано и обнародовано, его неуклонное применение обеспечило бы счастливому обладателю наивыгоднейшие результаты в процессе экстракции. Но невозможно найти то, что не существует. Хотя и существует наилучшая температура затирания, она переменна, можно сказать — преходящая, так что одна и та же температура едва ли может быть с успехом применена для двух последовательных варок из одного и того же солода [20, с. 32].

Тем не менее новая экономическая ситуация — круглогодичное производство пива — привела к тому, что термометры и десятичные таблицы стали для пивоваров совершенно необходимыми практическими и теоретическими инструментами²⁶. Их преимущество четко зафиксировал лондонский пивовар Джон Левеск:

Ни один пивовар не может всерьез рассчитывать на хорошие результаты своей работы без глубокого знания температуры, которой требуют разные стадии процесса; а поскольку конечный успех зависит от абсолютной аккуратности в этой важной области, автор изобрел Термометр (описанный в этой работе), который основан на столь безошибочных принципах, что обеспечивает точность и предотвращает возможность ошибки, — и тем самым воплощает великую мечту Искусства Пивоварения. Автор заключает, что чем больше будут пользоваться его Таблицами и изобретенным им Термометром, тем больше на них станут ссылаться, признавая их как стандарт для расчета материалов в пивоварении [33].

Вигни, как и Левеск, был приверженцем этой «новой системы» пивоварения. В своем «Теоретическом и практическом трактате» он учил читателя отличать ее от старой:

Старая система: В первый раз температура затирания устанавливается наугад; и многие продолжают поступать так же на протяжении всего года, вне зависимости от сезона и обстоятельств; при этом никто не знает действительного значения. *Новая система:* В первый раз температура затирания находится по определенному правилу с помощью арифметических вы-

25 «Необходимость в такой лаборатории была вызвана стремлением защитить государство в деле сбора налогов, а не представлением о том, что нужен официальный орган для какой-то защиты населения или нашей среды обитания. Эта роль возникла позже» [31, с. 1, 51].

26 Об истории инструментов (в том числе теоретических) см. [4; 32].

числений, где учитываются вес и температура солода, его количество и количество жидкости, с которой он смешан; причем используются таблицы, освобождающие мастера от выполнения вычислений для каждой новой варки [34, с. 252].

Чтобы продемонстрировать преимущества новой системы, Вигни привел примеры типичных задач пивоварения и разобрал пути их решения старым и новым способами:

Пример: пивовару требуется затереть 20 кварт солода весом 40 фунтов при температуре 50 градусов с 40 баррелями воды по 360 фунтов каждый; при этом требуется, чтобы температура смеси составила 144 градуса. Вопрос: какова должна быть температура 40 баррелей воды? [34, с. 102].

Он критиковал старый способ решения подобных задач за неспособность удовлетворительно представить процесс пивоварения, в частности, учесть как «потери тепла во время затираания», так и «возрастание реальной теплоты, происходящее в результате преобразования скрытой теплоты в реальную». И все же его попытки подчеркнуть достоинства новой системы завершались следующим признанием:

Нужно отметить, что все эти (и другие) возражения можно с тем же или еще большим успехом выдвинуть против любого фиксированного и условного стандарта теплоты, основанного на любом другом принципе; и из того, что мы не можем достичь совершенства, еще не следует, что мы не должны стараться подойти к нему как можно ближе, в согласии с общепринятой практикой, основанной на скрупулезности и усердии. И чтобы справедливо оценить достоинства и ценность системы, мы должны сопоставить конечные результаты со стоимостью, трудом и трудностями их осуществления [34, с. 103].

Вигни указывал, что приведенные в его таблицах «стандартные температуры»²⁷ отражают общепринятую практику пивоварения, поскольку они являлись результатом многолетней практики. Но это было не более чем наилучшим «приближением к хорошей практике», которого позволяло достичь пивоварное производство того времени. Невзирая на это важнейшее обстоятельство, он прилежно составил инструкции по правильному использованию десятичных таблиц в сочетании с термометром:

Объяснение к использованию Таблиц: когда определен вес бушеля солода, предназначенного к обработке, следует вынуть Термометр из солода непосредственно перед затираанием и заметить его температуру. Пусть вес бушеля солода равен 40 фунтам, а его температура 50 градусов, и Вы собираетесь затирать его из расчета двух баррелей воды на кварту [солода]. Тогда обратитесь к первой колонке третьей Таблицы, найдите там значение 50°, и затем на этой же строчке в третьей колонке, под надписью два барреля, Вы найдете [значение] 185 3/4°, что и будет температурой воды при затираании [34, с. 105].

27 «Стандартная температура» была отнюдь не единственным видом стандартных мер. Другими стандартами были, к примеру, «вес дрожжей, которые должны быть добавлены в бочку, пропорциональный их удельному весу», или «вес хмеля, который должен быть добавлен в связи с потеплением погоды» и т. д.

При этом решительном переходе к новой системе старые традиции были заклеены:

Предположим, пивовар говорит ученику, что для того, чтобы попытаться узнать, правильно ли была определена первая температура затирания, нужно поместить термометр в пар сусла, текущего из солодовой бочки в нижний чан в тот момент, когда вытекла примерно половина от ожидаемого количества, — и если температура окажется в промежутке от 144 до 150 градусов, то можно не сомневаться, что все было сделано правильно. Если же, напротив, температура окажется выше или ниже, то можно сделать вывод об ошибке, которая будет пропорциональна разнице между той температурой, с какой вытекает сусло, и той, с какой оно должно было бы вытекать. Не будет ли естественным для ученика, коль скоро он приучен думать, спросить: если таково следствие, то в чем его причина? И если некоторая определенная температура оказалась правильной сегодня, почему бы и завтра ей не оказаться такой же? И если учитель не способен ответить ученику, то что же мы должны думать о знании учителем своего дела? А если ученик скажет: нельзя ли выяснить заранее, какова правильная температура затирания в каждом отдельном случае, и избежать ошибки; — а не только понять по результату, была ли она правильной (что будет слабым утешением, если она была неправильной)? И если инструктор, не привыкший соображать и размышлять, делать выводы и открывать новое, ответит: нет, это невозможно — потому что тот, кто учил меня, был хорошим пивоваром, и он ничего такого не знал...? [20, с. 16].

Внедрение стандартных теплот создало в этой отрасли понятие об отклонении и ошибке, и это было сделано за счет престижа тех людей, которые благодаря своим навыкам и мастерству справлялись с каждой конкретной ситуацией, всякий раз определяя необходимые температурные условия. Термометры дали возможность получать цифры, что помогло заменить эти ремесленные навыки — операциональное знание — абсолютными стандартами. Изменившийся спрос на продукцию пивоваров сделал десятичные таблицы и термометры верными спутниками ученого пивовара. Термометры чувствительностью в десятые доли градуса стали обязательным стандартом. Их постоянное использование служило доказательством существования «наилучших значений» для каждого параметра, определяющего условия затирания, но при этом переводило любое иное значение в разряд отклонений.

Труд Вигни зафиксировал этот конфликт между носителями операционального знания, которое считалось неформулируемым, и ученым пивоваром. Вигни пытался объединить эти две культуры знания с помощью изобретенных им терминов «химик-теоретик» и «химик-практик»:

Солодовник и пивовар — химики-практики в действительном смысле этого слова; но что вообще они знают о химии? По сути, так мало, что совсем непросто будет убедить их, что процессы затирания и пивоварения — химические... Того, кто отдает свое время и внимание изучению химии просто в качестве научного занятия, можно для отличия назвать химиком-теоретиком; а того, кто выполняет химические операции в силу

характера своего бизнеса, можно определить как химика-практика... Таким образом, химик-теоретик, сидя в своем кабинете, открывает и выясняет тайну процесса; тогда как химик-практик (солодовник) выполняет всю механическую часть операции, не зная ее теории [20, с. 59–61].

Вигни ловко обернул традиционную практику обучения путем подражания в довод в пользу изучения науки, особенно химии. Пивовары и солодовники были изображены им как «всего лишь автоматы» и как «дети»; их труд предстал и машинальным, и незрелым:

Как учится солодовник, так же учится и пивовар; а точнее, он заучивает серию практических операций, совокупность которых является (возможно, именно для него) кучей загадок в том, что касается понимания причин, которые порождают определенные следствия, и следствий, порождающих определенные причины: он всего лишь ребенок, помогающий работать сложному оборудованию фабрики, вместо того чтобы быть сознательным изобретателем, который понимает движение целого и управляет им с легкостью, методичностью и спокойствием. Применительно к своей профессии или производству он всего лишь автомат, без знаний, суждений и навыков, коль скоро он не знаком с теоретическим разделом химии [20, с. 63–64].

Пивовар нового типа должен был понять, что его бизнес — сложная комбинация теоретических и практических задач, и что «чистым теоретикам, равно как и чистым практикам, ... суждено вечно гоняться за призраками, теряя суть». Только наука могла вывести традиционного пивовара из состояния «подобия автомата», спасти его от роли «слепого и бессознательного исполнителя работы химика, — чужака в мире удивительных превращений, которым он сам помог совершиться, нисколько не понимая причин произошедшего» [20, с. 64].

Массовое производство и надежные «спутники мастера»

Если мы будем действовать в том же духе, что и некоторые механики, то скоро будем варить яйца по хронометру.

Генри Модсли (Henry Maudsley; цит. по: [35, с. 146])

Новая система пивоварения была всего лишь одним аспектом фундаментальных культурных изменений, охвативших британское общество в первой половине XIX в. Механизация производства, — особенно быстро происходившая в таких промышленных городах, как Манчестер, — создавала образ «самодействующего» (*self-acting*) общества. В автоматических станках, приводимых в движение паровыми машинами, отразилась новая практика городских метрополий с ее тенденцией находить замену двигательным силам природы при помощи научного изучения автономных процессов в культуре. Экономическое осмысление издержек при использовании сил природы стало важной задачей для инженеров и естествоиспытателей. Быстро росли массовое производство и вызванная им потребность в точных измерениях, стандартах и навыках контроля. Изменяющаяся экономи-

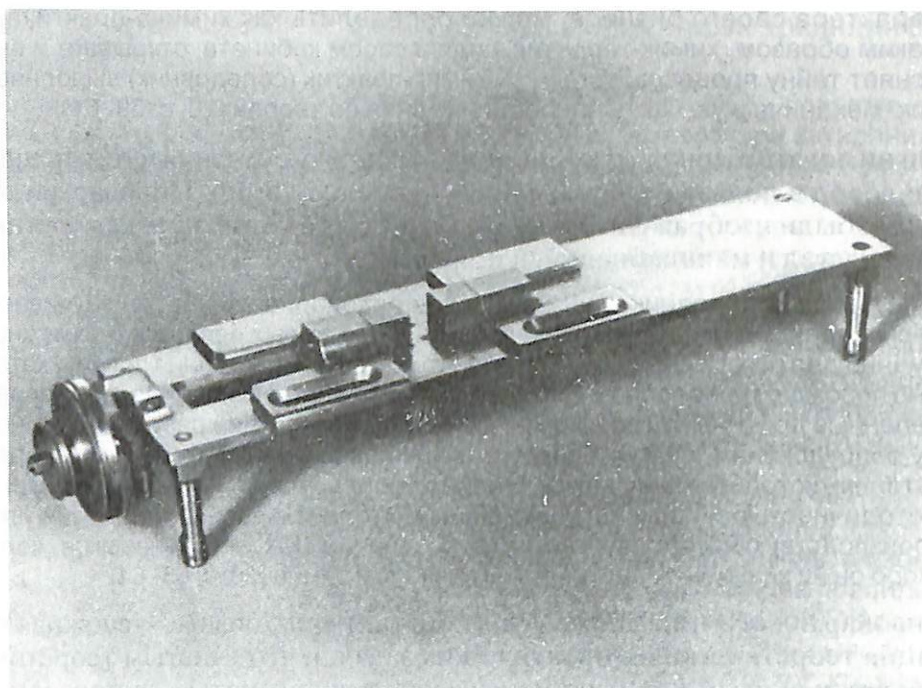


Рис. 3. Модель микрометра, сделанная Генри Модсли около 1805 г. для изготовления рабочих экземпляров прибора — которые едва ли сохранились ввиду их интенсивной эксплуатации

ческая ситуация и «машинизация» (см. [36–37]) воздействовали на привычки людей как в обыденной жизни, так и в науке. Переход к механизации тех операций, которые ранее выполнялись человеком, шел параллельно с девальвацией физического труда и операционального знания.

Машины быстро вытесняют человеческий труд и превращают простую мускульную силу в ненужный товар. Природная машина — человеческое тело — обесценилась на рынке. Но если *тело* потеряло в цене, то *разум* должен без промедления пойти в дело. Человеческий интеллект нужно *привести на монетный двор, превратить в звонкую монету* и незамедлительно пустить в обращение²⁷.

Для инженеров автоматическое оборудование означало выгодную замену «нестабильного и небрежного труда рабочего». Как указывал Джеймс Несмит (*James Nasmyth*), «машины никогда не напиваются; их руки никогда не дрожат от напряжения; они никогда не прогуливают и не борются за повышение заработной платы; они неизменно аккуратны и не допускают ошибок при изготовлении самых тонких и замысловатых деталей механических конструкций» [35, с. 193]. Бойкая продажа автоматического машинного оборудования способствовала развитию представления о ненадеж-

²⁷ Эти слова принадлежат Джеймсу Мартино (*James Martineau*); цит. по: [38, с. 336].

ности людей и обманчивости их чувств. Потребность в единообразии стала очевидной после открытия в 1831 г. железнодорожной линии Ливерпуль — Манчестер. При строительстве железной дороги с особой остротой встала проблема «единообразия болтов». До того как Генри Модсли изобрел машину для нарезания резьбы, каждый болт и гайка были уникальны. Эта экономическая проблема разрабатывалась параллельно с программой создания точных инструментов и дисциплинированных работников. Тот же Модсли, к примеру, сконструировал и распространял свой «спутник мастера» (*companion of the bench*), с помощью которого каждый ремесленник должен был контролировать правильность выполнения своей работы (см. рис. 3).

Так много зависело от того, как обращались с обычными измерительными инструментами и как они применялись, что эти инструменты не всегда могли вынести требуемый вердикт относительно правильности выполненной работы. И, чтобы избавиться от всех этих трудностей, он изобрел и сконструировал очень компактный и удобный инструмент, который всегда располагался на его верстаке рядом с тисками... Поскольку его вердикт — его показания — были всегда абсолютно верными, Модсли считал его как бы верховным апелляционным судом и в шутку называл «лордом-канцлером» [35, с. 145].

Чтобы гарантировать изготовление стандартной продукции, аналогичные спутники мастера были внедрены в разных отраслях производства. Даже композиторы стали сверять исполнение музыкальных произведений согласно абсолютным временным интервалам, отсчитываемым метрономом²⁸. Использование этих спутников изменило характер выполнения работы и способствовало формированию новых видов операционального знания. И хотя использование термометров все еще не получило в среде пивоваров однозначного одобрения, специалисты, ставшие адептами новой системы пивоварения, не заботились ни о передаче навыков старых мастеров по измерению температуры «наощупь», ни о переводе этих навыков в письменную форму. В новых экономических и социальных условиях механизированного производства и особенно в связи с девальвацией человеческого тела как рабочего инструмента, уже само обладание таким прибором, как термометр, делало пивовара «умственным человеком» и указывало на его принадлежность к кругу джентльменов-ученых.

Эти культурные изменения происходили параллельно с фундаментальными сдвигами в другой области производства знания — физике. В XVIII в. доверие к эксперименту основывалось, главным образом, на непосредственном контакте экспериментатора с аудиторией. «Физики (*natural philosophers*) должны были уделять внимание тем способам, с помощью которых эксперименты, произведенные в лаборатории экспериментатора — за кулисами, могли быть

²⁸ Метроном с его способностью абсолютного измерения времени, который был разработан в Германии на рубеже XVIII и XIX вв., является классическим примером спутника мастера. Изменение экономического положения композиторов превратило музыкальные произведения в товар широкого потребления, а такой товар нуждается в стандартизации. Это привело к появлению дирижера, а также метронома, который стал посредником между композитором, дирижером и оркестром. Подробнее см. [12; 39].

воспроизведены публично, в благочинной аудитории». Автор этих строк, Саймон Шейфер (*Simon Schaffer*), назвал появление доверия к саморегистрирующим приборам и к «самоочевидным» результатам (воспринимаемым вне связи с физическим присутствием их автора) новым культурным феноменом начала XIX в.²⁹ В рассматриваемый период увеличение точности (чувствительности) приборов с необходимостью привело к новым критериям правильности измерений. Использование новых спутников мастера порождало практики, которые требовали особой организации пространства, не обязательно соответствовавшей шаблонам экспериментальной работы, характерным для физиков — современников Джоуля. Чтобы понять, что считалось тогда заслуживающей доверия экспериментальной практикой, нам нужно обратиться к попыткам физиков определить стандарты правильности измерений и методы калибровки инструментов.

В докладе Британской ассоциации содействия развитию науки (1832 г.) физик Джеймс Форбс (*James D. Forbes*) ясно обрисовал важнейшую проблему в плане получения надежных данных:

Большая точность численных значений всегда необычайно трудно достижима; и следует надеяться, что здравый смысл наблюдателей уберет из Метеорологии, а также из других ветвей физической науки, где они еще сохранились, те избыточные десятичные знаки, которые, когда они значительно превышают пределы точности инструмента, вызывают скорее недоверие к наблюдателю, чем доверие к его наблюдениям. Даже с весьма умеренной точки зрения совершенно очевидно, что [в тех областях], где правильность результатов всецело зависит от предела точности инструментов, контроля за их состоянием, а также от идеальной упорядоченности и постоянства наблюдений, имеется лишь немного людей, способных предоставить численные данные, необходимые в наши дни для прогресса науки [42, с. 199].

Для получения метеорологических данных о температуре Форбс предложил заменить «здравый смысл наблюдателя <...> руками технических исполнителей наблюдений, работающих под эпизодическим контролем людей, обладающих высокой квалификацией» [42, с. 199]. Такие дисциплинированные исполнители были найдены им в армии, в Лейте. Военные офицеры проводили широкомасштабную регистрацию температуры в течение 1824–1825 гг. Помимо этих механических наблюдателей, в качестве подходящей замены использовались также самопишущие приборы [43, с. 574].

В Кембриджском университете единомышленник Форбса Уильям Хьюэлл (*William Whewell*)³⁰ работал над созданием другого спутника мастера, позволяющего контролировать результаты эксперимента за пределами лаборатории физика. В своей «Философии индуктивных наук», в главе о «Специальных методах индукции, применимых к количественным величинам», он ввел «метод кривых» как наиболее эффективный способ сравнения результатов, полученных индивидуумом, с неким геометрическим стандартом.

29 См. [40]. О превращении электрических исследований в научную дисциплину и изменяющейся роли экспериментатора см. [41].

30 В общепринятом русском произношении — Уэвелл. Прим. перев.

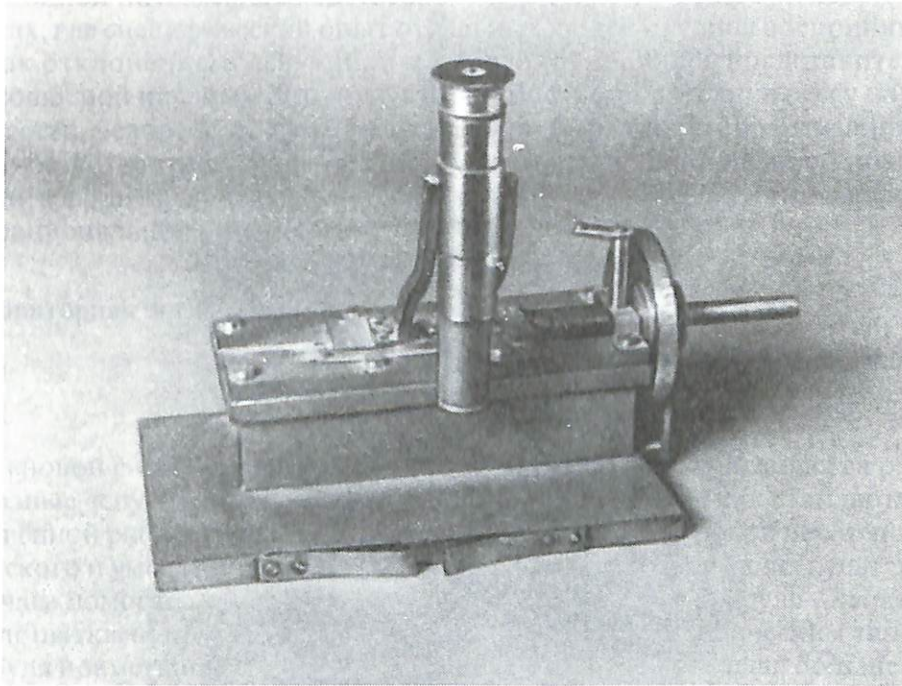


Рис. 4. Скользящий микроскоп Д. Б. Дансера, созданный для калибровки и градуировки термометра Джоуля

Но Метод Кривых позволяет нам получать законы природы не только из *хорошего Наблюдения*, но также в большинстве случаев и из очень несовершенных Наблюдений... Правильная кривая, которую мы таким образом получаем, свободна от обычных ошибок наблюдения; она и есть то самое, с помощью чего мы пытаемся открыть законы изменений и процессов. С помощью этого метода, сразу избавляясь от многих ошибок наблюдения, мы тем самым получаем данные *более правильные*, чем *сами отдельные факты*. Делом философа, как мы часто говорили, является сравнение своих гипотез с фактами. Но если мы сравниваем их с несколькими отдельными фактами, мы можем быть введены в заблуждение и как угодно озадачены ошибками наблюдений; и это может вызвать согласие или несогласие гипотетических и наблюдаемых результатов в одних случаях и дать иной итог в других. Однако если мы возьмем *всю совокупность фактов* и удалим ошибки реальных наблюдений, придав кривой, отражающей предполагаемые результаты наблюдений, гладкую и правильную форму, то мы получим отдельные факты, исправленные на основе общей тенденции. Тем самым мы приобретаем, как уже было сказано, нечто более правильное, чем каждый отдельный факт сам по себе [44, т. 2, с. 206–207].

В соответствии с особенностями различных отраслей производства, надежными спутниками умельцев становились различные методы. Развиваясь одновременно с этими методами, абсолютные измерения становились

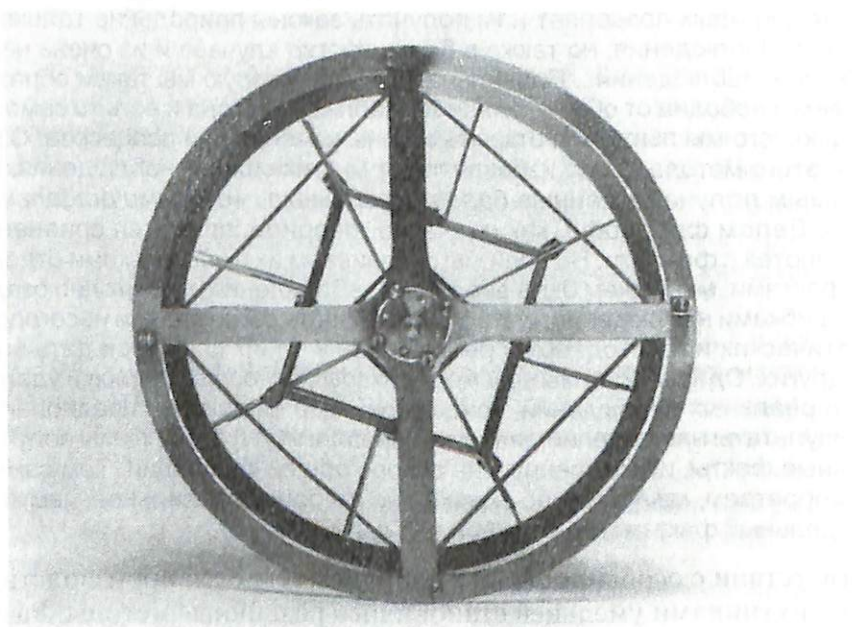
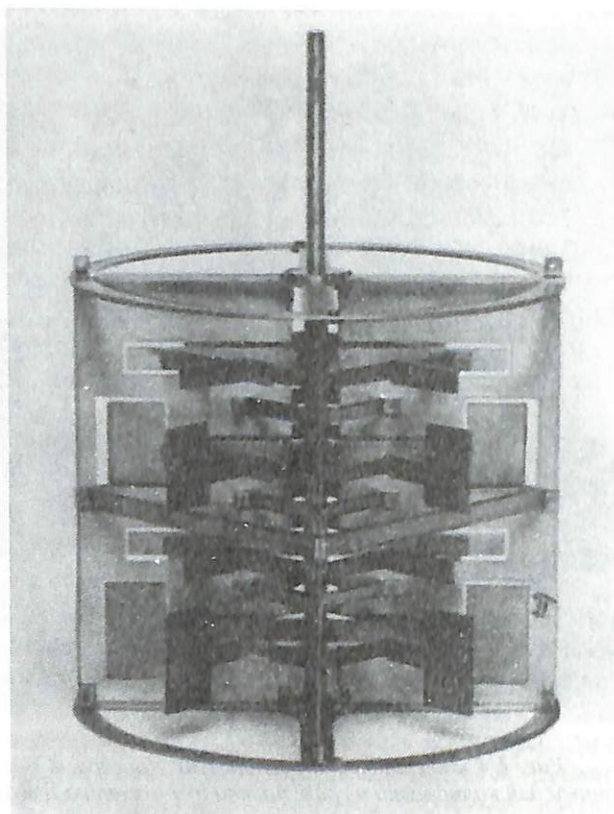


Рис. 5. Вторая реконструкция лопастного колеса Джоуля, созданная в Университете Карла фон Оссецкого (Ольденбург) на основе экземпляра из Лондонского музея науки

путеводной нитью производственного процесса³¹. Это происходило в тех местах, где специфический опыт отдельных людей начинал восприниматься как отклонение, а «спутники мастера» становились представителями «абсолютной истины». Для того чтобы способствовать прогрессу науки и общества, человеческое умение отчасти подверглось стандартизации или было безвозвратно утрачено. Инструменты стали воплощением правильности, а люди превратились в точные инструменты, осваивая новые формы операционального знания.

Лабораторная жизнь Джоуля и ее ценности

Искусство вечно, а жизнь коротка.

Дж. Джоуль

В «новой системе» пивоварения и других отраслях производства разнообразные «спутники мастера» должны были выступить как стандарты качественной работы. Это влекло за собой установление новой иерархии физического и умственного труда. Такая глубокая трансформация культурных обычаев помогает нам прояснить связь между работой Джоуля-пивовара и его попытками превратиться в физика. По автобиографическим записям Джоуля и заметкам в его записной книжке видно, что он делал больше того минимума, который требовался от пивовара: определение температуры затирования, взвешивание сырья и ведение бухгалтерского учета. Он проводил эксперименты по сжиганию зерна и соломы, изучал технологию пивоварения и работу электромоторов (см. [16, с. 181–185; 222–223] записи от 9 января 1846 г., 14 октября 1847 г. и за ноябрь—декабрь 1847 г.). Учитывая степень развития инженерного дела в Манчестере, нет ничего удивительного в том, что он хотел измерить характеристики таких деятелей Природы, как тепло и электричество, которые «неустанно трудятся в ее огромной лаборатории, повелевая неуничтожимым атомам объединяться и разъединяться»³². Благодаря опытам по механическому и химическому разложению органических веществ, для него сделалось самоочевидным, что трение может быть источником тепла, а не только препятствием, над преодолением которого должны трудиться инженеры. Опыты Джоуля несли на себе печать тогдашней практики пивоварения: даже то, как он использовал сохранение кинетической энергии, указывает на близкое сходство его представ-

31 Другим источником информации о применении абсолютных мер и связанных с этим трудностей являются работы гласвеганского профессора инженерного дела Льюиса Гордона (Lewis Gordon) о пирометрах и динамометрах, обсуждаемые в [45].

32 Джон Форрестер (John Forrester) в своем исследовании работ Джоуля показал, что его различные попытки установить тождество между основными силами в природе — теплотой, электричеством и механической силой — составляли излюбленный элемент его разнообразных атомных теорий [46]. Скрытая теплота и электричество были центральными вопросами в практике пивоварения. См. «Энциклопедию» Вигни, в которой имелись разделы «Электричество: притяжение без магнита», «Теплота: ощущение, вызываемое огнем, жаркой погодой и т. д.» и «Разложение» [20, с. 121–122, 179–185].

лений о процессах превращения с представлениями пивоваров, как они описаны в «Энциклопедии» Вигни³⁴. Определение «механического значения теплоты» стало его попыткой измерить работу сил природы³⁵. Расходы, связанные с работой электромоторов и других движущих сил, стоило изучать, чтобы определить необходимые затраты, на которые должно было пойти «самодействующее общество»³⁶.

За двадцать лет существования в мире пивоварения Джоуль приобрел особое операциональное знание, которое пригодилось ему в его новом качестве физика. Приобретенные им навыки восприятия и измерения температуры стали самоочевидными методами в его экспериментах по определению механического эквивалента теплоты. И они постоянно совершенствовались. Записные книжки Джоуля не содержат никаких упоминаний о его практике измерения температуры. Но из наших собственных попыток воспроизвести его эксперимент мы знаем: для того чтобы избежать ошибок, необходимо иметь исключительный опыт использования термометра и создать соответствующие рабочие условия. Джоуль располагал и тем, и другим. Он провел эксперимент 1850 г. не в своей новой лаборатории, а в более привычном для него месте работы — подвале пивоварни. Однако колебания температуры, наблюдавшиеся нами в сходных условиях, показали, что у него должен был быть большой опыт определения температуры, позволявший избегать этих возмущающих эффектов. Как именно он это делал, остается для нас в определенной степени загадкой, но из практики пивоварения известно, что успешное проведение операции затирания основывалось на вычислении и измерении температуры затирания с точностью до одной десятой градуса, в то время как температура воздуха могла меняться на один градус.

Можно также заключить, что его ранние эксперименты по определению механического эквивалента теплоты были не столь точны, как попытка 1850 г. Конструкции ранних экспериментальных установок не давали ему возможности получить надежные результаты. Представляется очевидным, что он был заранее убежден в существовании такого эквивалента. В среде пивоваров использование эквивалентных величин было одной из операций в процессе так называемого «отмеривания» (*mensuration*). Вследствие использования разных шкал для различных типов товаров, и пивовары, и

34 См. разделы «*Generate*» и «*Germinate*» [20, с. 167—170]. Этот вопрос требует дальнейшего исследования, но, по-видимому, процессы превращения и роль в них человека-посредника представляли характерный комплекс проблем не только для Джоуля, но также для таких исследователей, как Юлиус Роберт Майер (*Julius Robert Mayer*) и Юстус Либих (*Justus von Liebig*).

35 Джоуль использовал термин «механическое значение теплоты» (*mechanical value of heat*) в своей работе «*On the Caloric Effects of Magneto-Electricity, and on the Mechanical Value of Heat*» (1843) [1, с. 123 и далее].

36 Историки науки обычно связывают термин «*duty*» (в данном случае — расходы, а вообще — работа, мощность, производительность. — Прим. перев.) с интересовавшей старых инженеров проблемой измерения КПД двигателей. Фактически же, такое значение термина возникло гораздо позже, чем его трактовка как «налога, которым государство облагало производство и продажу товара».

акцизные чиновники должны были в совершенстве владеть десятичными дробями. Десятичные таблицы вместе с логарифмической линейкой были их верными спутниками³⁷ при нахождении численных значений, которые служили мерой для других величин. Перевод из одних единиц измерения в другие был обычным занятием и для Джоуля, но его задачей было найти *экспериментальную процедуру*, которая позволила бы ему утверждать, что теплота имеет механический эквивалент³⁸.

Другим большим преимуществом Джоуля было сотрудничество с изготовителями инструментов и рабочими. Наш опыт воспроизведения его экспериментов показал, что самым подходящим человеком для подтягивания грузов был бы человек атлетического сложения. В этом случае можно было бы избежать ненужного увеличения температуры в комнате за время опыта (а его следует проводить как можно быстрее). Вероятно, Джоуль пользовался услугами неизвестного помощника из среды пивоваров. Но такой человек должен был отличаться не только особыми силовыми качествами; наматывание шнура и поднятие грузов требовало большой аккуратности. Окончательный вариант конструкции сосуда для публикации 1850 г. не допускал никаких механических сбоев во время опытов. По собственному опыту я знаю, что для измерений трения в воде необходимо устранить и все прочие возможные источники ошибок. Например, стабилизатор, прикрепленный к тонкой оси, стал причиной нагревания из-за трения об ось, и в результате пришлось обойтись без него. Фактически все это превращало последовательность механических операций в ходе эксперимента в некий тщательно выполняемый ритуал.

Джоуль смог усовершенствовать свою измерительную технику только благодаря Д. Б. Дансеру, который построил практически все оборудование, необходимое для определения механического эквивалента теплоты по трению в жидкости. Дансер был изготовителем инструментов из Манчестера, известным, главным образом, своими достижениями в микрофотографировании³⁹. Его собственное мастерство, а также материальная культура Манчестера были важнейшими предпосылками достижения непревзойденного искусства в измерении температуры. Один из важнейших прецизионных инструментов, который сам Дансер называл «скользящим микроскопом», позволил создать «чрезвычайно чувствительный» термометр. Этот

37 Как указывает Петер Матиас, «при определении какого-либо значения никогда не полагались на слово пивовара...» [27, с. 349].

38 Без сомнения, стандарт для точной экспериментальной работы по определению эквивалентов был введен только что созданной Акцизной лабораторией, когда ее чиновники определили «вес сахара, эквивалентный кварте солода в процессе варения пива», который и был утвержден законом 1847 г. Именно в этой области метрологии придавалось особое значение «искусству экспериментирования»: оно фактически определяло приемлемость представленных численных значений и оценивалось такими профессорами химии, как Томас Грэм (*Thomas Graham*), который получал значительную часть своего дохода за консультирование Налогового департамента. Ср. [31, с. 49 и далее, с. 319].

39 См. [47–48]. В 1844 г. Дансер также построил лопастное колесо для экспериментов, которые привели к публикации 1850 г. О микрофотографии см. [49].

спутник мастера состоял из микроскопа небольшой силы, который вращением винта мог передвигаться горизонтально. Перемещение можно было определить по градуированному диску на одном из концов этого винта. Он также служил для поворота винта. Шаг резьбы винта составлял $1/20$ дюйма, а диск по окружности был разделен на 200 равных частей; таким образом, инструмент имел точность в $1/4000$ дюйма. Этот прецизионный инструмент позволил Джоулю построить самые точные термометры того времени (см. рис. 4).

Особый способ градуировки и калибровки, а также его влияние на работу Джоуля могут быть описаны следующим образом. Во-первых, «скользящий микроскоп» был очень полезен для проверки качества стеклянной трубки. Взяв стеклянную трубку маленького диаметра, нужно ввести в нее столбик ртути длиной в один дюйм и измерить расстояние между концами получившейся капли. Затем следует передвинуть каплю так, чтобы один из ее концов оказался на месте другого, и еще раз измерить длину столбика. Если диаметр отверстия постоянен, последовательные результаты должны быть также одинаковыми. В каждом положении возможное изменение длины столбика может быть установлено с точностью до $1/4000$ дюйма. Отверстие термометра Джоуля было «коническим, постепенно уменьшающимся в диаметре. Средние диаметры вблизи концов трубки отличались приблизительно на 20%» [50, с. 481]. Этот процесс проверки диаметра на определенной длине помогал в выборе стеклянных трубок наилучшего качества.

Во-вторых, «скользящий микроскоп» позволял осуществить точную градуировку термометра. «Поверхность стекла покрывалась для этого тонкой пленкой пчелиного воска; предварительно измеренные участки трубки делились на одинаковое количество частей с помощью специально сконструированного механизма. Деления затем вытравливались в пару плавиковой кислоты» [1, с. 214]. Инструмент позволял Джоулю легко измерять эти отрезки, поскольку он мог различать $1/4000$ часть дюйма. На основе своих единиц измерения Джоуль мог определять расстояния приблизительно в 0,00635 мм.

Эти технические достижения манчестерской материальной культуры и мастерство изготовителей инструментов снабдили Джоуля уникальным калибровочным приспособлением. Описанный выше метод позволял ему «калибровать термометр в ходе градуировки» [51]. Для трубки с совершенно стабильным диаметром отверстия достаточно было бы лишь сделать миллиметровую шкалу из одинаковых делений между точками замерзания и кипения. Но обычно трубка не обладала столь высоким качеством. Поэтому Джоуль решил при разметке шкалы учитывать изменения в объеме трубки. Описанный выше процесс позволял ему обнаруживать изменение длины ртутного столбика. Впоследствии каждый из этих отличающихся отрезков разделялся на 50 частей. Деления термометра, полученные таким образом, представляли собой не градусы обычной температурной шкалы, а условные величины, различные для каждого инструмента.

Этот метод снабдил Джоуля уникальным измерительным прибором, который чрезвычайно улучшил чувствительность измерений. Его измерения

стали самым прямым и точным способом регистрации увеличения температуры. Благодаря постоянной практике он приобрел необходимую уверенность в правильности результатов, получаемых при использовании нового спутника мастера. В обретении уверенности ему помогли и модели поведения, заимствованные из старой культуры пивоварения. В этом отношении Джоуль продолжал действовать по примеру солодовника, чье индивидуальное мастерство в выполнении работы служило доказательством правильности его суждений и становилось неоспоримой путеводной нитью в его опытах и оценках. В терминологии пивовара такая интерпретация соответствует определению «правильности» как «строгости» (*exactness*), или «аккуратности в обращении с оборудованием и в производстве работ». Джоуль работал всецело в этой манере ремесленника. Его мастерство в проведении измерений и производстве экспериментов не могло быть подвергнуто сомнению — даже в том случае, когда лаборатория «приходила в расстройство». Но вместе с тем Джоуль превратил свои измерения в свой собственный стандарт, создав систему значений, соответствующую конкретному термометру, которым обладал лишь он один. Его произвольная шкала позволила увеличить чувствительность, но он оказался единственным человеком, который мог оценить правильность своих результатов.

Создав инструментарий новшеств со своими собственными стандартами, Джоуль стал актером без публики: как показала наша реконструкция, никто не мог непосредственно наблюдать его эксперименты из-за возникающих при этом возмущающих эффектов теплового излучения тела. Не мог Джоуль устроить и публичную демонстрацию успешности своего эксперимента. Ведь его только что изобретенные инструменты оперировали с произвольными величинами, которые никто другой в то время не мог проверить. Для сравнения своих измерений с измерениями современных ему исследователей Джоуль часто приносил в лабораторию чужие термометры, чтобы откалибровать их по своим собственным или использовать их для измерения температуры воздуха во время опытов. Такие «стандарты» подбирались очень тщательно. Один термометр был предоставлен Джоулю профессором Томасом Грэмом, известным химиком из Лондонского университетского колледжа (в 1840-х гг. он был также одним из главных консультантов Налогового департамента, выполняя для него химические анализы и оценивая работу акцизных чиновников) (см. [31, с. 53, 319—320; 16, с. 162]). Второй «стандарт» предоставил Лайон Плэйфэйр (*Lyon Playfair*), инженер-химик и профессор химии Королевского института в Манчестере.

В 1840-х гг. Джоуль добился возможности улучшить чувствительность своих измерений. Это заставило его перенести заключительные опыты из своей лаборатории в подвал пивоварни, по-видимому, с целью минимизировать потери теплоты и обеспечить постоянство температуры. Как показывают попытки воспроизведения этих опытов, в точности повторить их не удалось. Мастерство Джоуля и других участников делало подвал пивоварни уникальным местом проведения эксперимента. Образно говоря, «замороженные овощи», хранившиеся внутри, сразу бы растаяли, как только приоткры-

лась дверь подвала⁴⁰. Отсюда делается ясным, что эксперименты Джоуля над трением в жидкости в свое время казались проблематичными не только потому, что они противоречили теплородной теории теплоты. И сам Джоуль в то время был озабочен по преимуществу проблемой демонстрации надежности своей работы. Полученное им знание трансформировалось из личного в публичное; и этот переход поставил Джоуля лицом к лицу перед общепринятыми культурными стандартами, которым он должен был соответствовать.

Защита традиции и поиски одобрения

Под термином наука, как мы его понимаем, подразумевается тот вид знания, который получен исключительно с помощью разума, без участия органов чувств, каким бы ни был предмет этого знания; и этот термин предназначен отличить его от того особого знания, которое является результатом совместного проявления умственных и физических способностей.

Джс. Вигни [20, с. 307]

Когда Джоуль начал публиковать результаты своих экспериментов о природе тепла, он хотел выступить в качестве физика. Однако характер его работы над механическим эквивалентом теплоты поставил Джоуля в затруднительное положение: он мог лишь *сообщить* о том, что происходило в его лаборатории, так как тонкость измерений не допускала непосредственного присутствия свидетелей. Эти сообщения должны были быть написаны таким образом, чтобы аудитория могла их понять и поверить им. Поэтому сами по себе они не являются адекватным отчетом о работе Джоуля. Реконструкция его экспериментальной практики позволяет по-новому взглянуть и на личность Джоуля, и на его статью «О механическом эквиваленте теплоты»⁴¹.

Изменения, внесенные в конструкцию экспериментальной установки за 1843–1850 гг., показывают, что Джоуль принимал во внимание публичную критику и стремился продемонстрировать «правильность числовых значений». На собрании Британской ассоциации в Кембридже в июне 1845 г. он представил вариант своего эксперимента, в котором медный сосуд не был изолирован. Эта установка подверглась публичной критике. Двумя годами позже (на собрании в Ассоциации в Оксфорде) он сказал, что предыдущие эксперименты, «хотя и были более чем достаточны для установления экви-

40 Бруно Латур (*Bruno Latour*) использовал термин «замороженный овощ», чтобы описать проблему, состоящую в том, что умение — как персонификация определенного социального контекста — едва ли способно перемещаться. Оно всегда меняется. Латур использовал этот термин на конференции по «Переоткрытию умения» в Бате.

41 На «двойственность» Джоуля указывают и расходящиеся характеристики его экспериментальных работ. К примеру, автор недавней биографии Джоуля Кардвелл утверждает: «Как сам Джоуль не был метрологом, так и точное измерение не было его основным интересом. Но Сартон [который отметил это 50 лет назад] всего лишь повторил расхожую в то время точку зрения, которая и поныне высказывается в некоторых источниках. На самом деле Джоуль был в высшей степени оригинальным мужем науки и, несомненно, фигурой, олицетворявшей переход от одних представлений к другим» [26, с. viii].

валентности теплоты и механической энергии, не были приспособлены для определения этого эквивалента с очень большой числовой точностью, так как аппарат находился на открытом воздухе и потому был подвержен значительному охлаждающему или нагревающему влиянию атмосферы» [1, с. 278]. Поэтому Джоуль представил улучшенный вариант, в котором медный сосуд уже был изолирован. Тем не менее в публикации 1850 г. он снова сообщил, что проводил эксперимент без изоляции сосуда. Вместо этого Джоуль представил численные расчеты этих «влияний охлаждения и нагревания». Однако мои собственные эксперименты показали, что на практике измерить влияние теплового излучения очень сложно. Основной причиной этого было отсутствие у меня опыта в выборе правильного времени для измерений. В 1875 г. американский физик Генри Роуланд (*Henry Rowland*) отметил проблему излучения в своем «Европейском дневнике» и указал, как можно избавиться от этого источника возможных ошибок: «Запустив машину и используя воду холоднее воздуха, мы отмечаем показание термометра и потом ждем, пока температура поднимется на такую же величину выше температуры воздуха. Таким путем можно избежать необходимости введения любых поправок на излучение» [52, с. 37—38] (ср. [53]).

Однако представления Джоуля об атмосферных эффектах — и, вероятно, его способность контролировать их — зиждились на длительном опыте в создании термометров и особом «умении снимать показания». В этом плане «пивоваренная химическая лаборатория» была самым идеальным местом для привыкания к этим эффектам и для проведения эксперимента. Но эта воплощенная способность, это специфическое операциональное знание, было непередаваемо. Более того, он не мог защитить правильность своих экспериментальных результатов ссылкой на мастерство пивовара-ремесленника. Наоборот, Джоулю было выгоднее дистанцироваться от операционального коллектива пивоварни.

Тем не менее, чтобы убедить публику, Джоуль мог также использовать право не обнародовать подробности своего эксперимента. Он мог держать в секрете действительные источники своих результатов. Продемонстрировав в Оксфорде вариант эксперимента с изолированным сосудом, он избежал разговоров о своем умении контролировать «эффекты теплового излучения». Учитывая состав аудитории, более безопасно было выступать с вариантом изолированного сосуда. Благодаря этому, к примеру, один из влиятельных и враждебно настроенных слушателей — сэр Джон Гершель — лишился возможности высказать свое фундаментальное методологическое возражение. В статье об «актинометре»⁴² Гершель критиковал всякое статическое измерение теплового излучения, так как оно не принимало во внимание время. Мастерство Джоуля, его опыт проведения измерений, постоянное использование очень чувствительных термометров и скорость выполнения работы давали ему уверенность в том, что он может справиться

⁴² «Сам инструмент — это не что иное, как очень большой цилиндрический шарик термометра с сильно увеличенной шкалой, чтобы делать отчетливо измеримым насколько возможно меньшее повышение температуры» [54, с. 379].

ся с этой проблемой. Поэтому наедине с самим собой Джоуль продолжал проводить эксперименты по-старому. Он использовал очень тонкий медный сосуд, чтобы минимизировать влияние тепловой изоляции между водой и воздухом. Он взял в помощь ассистента, чтобы уложиться в 35 минут, и работал в подвале пивоварни, чтобы уменьшить эффект излучения, вызываемый телами экспериментаторов. Показания термометра он снимал своим обычным способом. Как показало воспроизведение эксперимента, его можно было выполнить только в этом конкретном месте. Чтобы придать результату личного экспериментирования статус очевидного явления природы, а себе — научный авторитет, Джоулю требовалось избрести убедительные демонстрационные приспособления, которые превратили бы его «индивидуальный факт» в универсальный. Количественное измерение «эффекта излучения» продемонстрировало его возросшую способность учета возмущающих факторов и придало его определению «механического эквивалента теплоты» большую «численную правильность».

Но правильные измерения вовсе не всеми считались главным индикатором существования определенного явления природы. Майкл Фарадей (*Michael Faraday*), к примеру, упорно пытался сделать эксперимент настолько наглядным, чтобы методы и оборудование не оказывали практически никакого влияния на результат [7, с. 105 и далее]. Это приличествующее ученому поведение исследователя начала XIX в. представляло собой одну из форм экспериментальной практики. Уильям Старджен (*William Sturgeon*), современный Фарадею исследователь электричества, олицетворял противоположный подход. «Его решение разъяснить широкой публике детали своей экспериментальной установки имело целью поддержать его тезис, что мир является электрической машиной, и только тот, кто обладает достаточным мастерством, чтобы работать с такими машинами, способен понять такой мир» [55, с. 23].

Ранние работы Джоуля демонстрируют подход, очень близкий к подходу Стерджена. Но он ориентировался также и на фарадеевское разграничение индивидуальной и публичной сфер производства знания. Тем не менее итогом «партикулярного» эксперимента Джоуля стало превращение его механического эквивалента теплоты в *постоянную природы*⁴³. Поэтому в его публикации 1850 г. весь огромный труд, потребовавшийся для проведения этого эксперимента, оказался затушеванным. Здесь он отделил себя от любого из тех операциональных коллективов, которые стали объектами описанной выше программы получения надежных результатов. Таинственный помощник-пивовар — представитель класса неквалифицированных рабочих — не был упомянут вообще. Изготовитель инструментов Дансер — представитель класса квалифицированных рабочих — приобрел статус ценного прислужника. Остался только сам Джоуль, но и он предстал в

43 Этот неологизм (*constant of nature*) был использован Чарльзом Беббиджем (*Charles Babbage*) для начатого им в 1830-е гг. проекта по составлению словаря фактов, которые могли быть выражены числами [56]. Число Джоуля — механический эквивалент теплоты — было идеальным примером такой константы. Но уверенность в его существовании разделялась отнюдь не всеми членами сообщества физиков. О константах см. также [57].

новом качестве: как бесплотный наблюдатель природы, раскрывающей перед ним свои тайны. Он отмежевался от любого вида чувственного восприятия, за исключением тех навыков правильного выполнения операций, которые демонстрируют «дистанционное управление» объектом исследования, а именно — считывание значений температуры со шкал самых лучших приборов «натренированным глазом». Это должно было соответствовать предполагаемым вкусам читателей *«Philosophical Transactions»*, представляя именно тот тип науки, который имел в виду Вигни, когда писал свою «Энциклопедию» и в частности — ту фразу, которая вынесена в эпиграф этого раздела. Более того, Уильям Хьюэлл, который в это время ввел в оборот слово «ученый» (*scientist*), способствовал утверждению такого идеала научной практики, в которой зрение и слух получали предпочтение перед остальными чувствами. «У других чувств нет никаких особенных привилегий, по крайней мере, имеющих отношение к процессу создания науки», — писал он [44, т. 1, с. 280].

Однако не только проведение эксперимента, но и оборудование, требующееся для его проведения, не были ни подробно объяснены, ни полноценно показаны в статье Джоуля. Те отдельные части оборудования, о которых сообщались отрывочные сведения, были выбраны очень хитроумно. Так, форма подвески блоков была, вероятно, скопирована с рисунка машины Джорджа Атвуда (*George Atwood*) из стандартного учебника. Такое изображение как бы вводило читателя в академический мир механики Кембриджского университета, в котором трения не существовало⁴⁴. Оно было как будто призвано увести читателя от возможного вопроса: не может ли трение в блоках стать источником больших ошибок? Именно такая конструкция статьи, украшенная длинными таблицами цифр, представляла Джоуля мастером точных измерений, а полученное им значение — постоянной природы.

Но несмотря на попытки писать так, чтобы вызвать одобрение в сообществе джентльменов-ученых, Джоуль не переставал защищать традиции пивоварения. В итоге его публикация 1850 г. явила собой гибрид, несущий признаки разных форм жизни, к которым он принадлежал. Характер употребления им таких терминов, как «правильность» и «строгость», указывает на то, что его сознание все еще оставалось сознанием ремесленника-экспериментатора. Он изобразил себя многоопытным экспериментатором, в достоверности знаний которого не позволено сомневаться, поскольку он является единственным (в силу своего опыта) носителем этих знаний. Он даже не коснулся возможных ошибок при снятии показаний термометра. Лишь однажды (и в другой работе), — когда он увеличил чувствительность своих термометров, — он объяснил причины, побудившие его приводить весьма сомнительные значения с точностью до третьего десятичного знака. «Поскольку шкала является произвольной, показания термометра должны быть приведены [к стандартному значению] в каждом отдельном случае; поэтому я

⁴⁴ Возможно, Джоуль мог узнать о машине Атвуда благодаря Манчестерскому литературному и философскому обществу (*Manchester Literary and Philosophical Society*). См. [58].

привел значения температур в таблицах с точностью до третьего десятичного знака»⁴⁵. В своей итоговой публикации он выдал следующий образчик своей выдающейся способности представляться в качестве скрупулезного экспериментатора: «А так как постоянная тренировка позволяла мне различать невооруженным глазом $1/20$ деления шкалы, из этого следует, что можно было оценивать температуру [с точностью] до $1/200$ градуса Фар[енгейта]» [1, с. 303].

В этом утверждении Джоуль связал воедино чрезвычайную чувствительность точного инструмента и свой личный навык правильного измерения. В его словах слышны отголоски одного из самоочевидных постулатов пивоварного дела, согласно которому «приближение к правильной практике» определяет результат⁴⁶. Только его мастерство, а не чужой «спутник мастера», могло быть главной путеводной нитью его деятельности. Поэтому использование произвольных шкал для получения большей чувствительности и отклонения в результатах его вычислений не представляли для него проблему; наоборот, все это лишь служило доказательством исключительности его мастерства. Более того, его первоначальная осторожность в использовании графических методов является еще одним свидетельством его убежденности в том, что постоянная практика производства измерений значительно важнее для получения верных значений, чем процедура вычерчивания кривой, в которой (по словам Хьюэлла) «глаз часто произвольно обнаруживает закономерность» [44, т. 2, с. 551]. Тот образ, в котором Джоуль пытался представить себя публике, определялся описанной выше формой экспериментальной деятельности. Его операциональное знание, необходимое для снятия показаний термометра, строилось на систематическом каждодневном упражнении. Это знание не только повлияло на его методы измерения, но и укрепило Джоуля в убеждении, что его практика верна. Использование десятичных таблиц было добавочным фактором, который давал уверенность благодаря численной проверке. Когда Джоуль решил создать свой собственный экспериментальный полигон с присущими ему ценностями, все эти навыки нашли свое применение. Но подобно тому как раньше его экономические интересы пивовара требовали контроля над мастерством ремесленника, теперь он ощутил себя ремесленником, который испытывает контроль со стороны ученых-физиков.

Перевод с английского В. С. Кирсанова и А. Ю. Стручкова

Литература

1. Joule J. P. On the Mechanical Equivalent of Heat // Philosophical Transactions. 1850. Part 1. Read 21 June 1849. Перепечатано в: Joule J. P. The Scientific Papers. Vol. 1. London: Taylor and Francis, 1884. P. 298–328. Далее ссылки даются на издание 1884 г.

⁴⁵ Эта цитата взята из его работы «On the Changes of Temperature produced by the Refraction and Condensation of Air» [1, с. 175].

⁴⁶ Такая интерпретация термина «приближение» (*approximation*) дается в «Энциклопедии» Вигни. В то время «приближение» означало качество мастерства. Качество не измерялось по абсолютному стандарту, но определялось мастерством отдельного работника. См. [20, с. 68–70].

2. *Rule J.* The Property of Skill in the Period of Manufacture // The Historical Meanings of Work / Ed. by P. Joyce. Cambridge: Cambridge University Press, 1987. P. 99–118.
3. *Morrell J., Thackray A.* Gentlemen of Science: Early Years of the British Association for the Advancement of Science. Oxford: Clarendon Press, 1981.
4. *Shapin S., Schaffer S.* Leviathan and the Air Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life. Princeton: Princeton University Press, 1985.
5. The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences / Ed. by D. Gooding, T. Pinch and S. Schaffer. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
6. *Galison P.* How Experiments End. Chicago: University of Chicago Press, 1987.
7. *Gooding D.* «In Nature's School»: Faraday as an Experimentalist // Faraday Rediscovered: Essays on the Life and Work of Michael Faraday, 1791–1867 / Ed. by D. Gooding and F. A. J. L. James. Houndsmill: Macmillan Press, 1985.
8. *Latour B., Woolgar S.* Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts. Princeton: Princeton University Press, 1986.
9. *Latour B.* Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society. Milton Keynes: Open University Press, 1987.
10. *Collins H.* Changing Order: Replication and Induction of Scientific Practice. London: Sage, 1985.
11. *Geertz C.* Local Knowledge: Further Essays in Interpretive Anthropology. New York: Basic Books, 1983.
12. *Sibum H. O.* Working Experiment: Bodies, Machines and Heat Values // The Physics of Empire / Ed. by R. Staley. Cambridge: Whipple Museum of the History of Science, 1994. P. 29–56.
13. *Schuster A.* On the Thermometric Scale-value of the late Dr. Joule's Thermometers // Philosophical Magazine. 1895. 5th series. Vol. 39. P. 477–501.
14. *Heering P.* On J. P. Joule's Determination of the Mechanical Equivalent of Heat // The History and Philosophy of Science in Science Education. Kingston Conference Proceedings. 1992. Vol. 1. P. 502–504.
15. Joule to Stokes, 12 November 1853. Add MSS 7656 J 19, Cambridge University Library.
16. *Joule J. P.* Notebook 2 (1843–1858). UMIST, Manchester.
17. *Joule J. P.* New Experiments on the Friction of Fluids // Notebook 2. Spring 1848. P. 175. UMIST, Manchester.
18. *Mirowski P.* More Heat than Light: Economics as Social Physics: Physics as Nature's Economics. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
19. *Berlin M., Iliffe R.* The Places of Skill in Early Modern London // Unpublished paper presented at the Achievement meeting, Oxford, June 1992.
20. *Wigney G. A.* An Elementary Dictionary, or Cyclopaedia for the Use of Malsters, Brewers, Distillers, Rectifiers, Vinegar Manufacturers and Others. Brighton, 1838.
21. *Kuhn T. S.* The Essential Tension. Chicago: University of Chicago Press, 1977.
22. *Lawrence C.* Incommunicable Knowledge: Science, Technology and the Clinical Art in Britain 1850–1914 // Journal of Contemporary History. 1985. Vol. 20. P. 503–520.
23. *Cobbett W.* Cottage Economy. London, 1822.
24. *Black, W.* A Practical Treatise on Brewing and on Storing Beer: Deduced from Forty Years Experience. London: Smith, Elder and Co., 1835.
25. *Joule J. P.* Autobiographical Note // *Ashworth J. R.* A List of Apparatus now in Manchester which belonged to Dr. J. P. Joule, F. R. S., with Remarks on his MSS., Letters, and Autobiography // Manchester Memoirs. 1930–1931. Vol. 75. P. 105–117.
26. *Cardwell D. S. L.* James Joule: A Biography. Manchester: Manchester University Press, 1989.
27. *Mathias P.* The Brewing Industry in England 1700–1830. Cambridge: Cambridge University Press, 1959.
28. *Shannon R.* A Practical Treatise on Brewing, Distilling and Rectifying. London, 1805.
29. *Speer W.* On the Hydrometer // Philosophical Magazine. 1802. Vol. 14. P. 151–162 and 229–237.
30. Encyclopaedia Britannica. 9th ed. Vol. 4. 1876. Edinburgh: Adam and Charles Black.
31. *Hammond P. W., Egan H.* Weighed in the Balance: A History of the Laboratory of the Government Chemist. London: HMSO, 1992.

32. *Warwick A.* Cambridge Mathematics and Cavendish Physics: Cunningham, Campbell and Einstein's Theory of Relativity, 1905—1911; Part 1: The Uses of Theory // *Studies in History and Philosophy of Science*. 1992. Vol. 23. P. 625—656.
33. *Levesque J.* The Art of Brewing and Fermenting in the Summer, and all Other Seasons, to the Greatest Advantage, and the Making of Malt, Exhibited in Essays, and Decimal Tables, Accurately Calculated, the Result of Upwards of Forty Years' Experience; also a Description of the Author's Newly-Invented Thermometer, By the Application of which Extreme Precision and Considerable Saving will be Effected. 2nd ed. London: Thomas Hurst, 1836.
34. *Wigney G. A.* Theoretical and Practical Treatise of Brewing. Brighton, 1835.
35. James Nasmyth, Engineer: An Autobiography / Ed. by S. Smiles. London, 1885.
36. *Berg M.* The Machinery Question and the Making of Political Economy 1815—1848. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.
37. *Morus I.* Correlation and Control: William Robert Grove and the Construction of a New Philosophy of Scientific Reform // *Studies in History and Philosophy of Science*. 1991. Vol. 22. P. 589—621.
38. *Smith W. H.* On the Tendency & Prospects of Mechanics Institutions // *The Analyst*. 1835. Vol. 2.
39. *Schleuning P.* Das 18. Jahrhundert: Der Bürger erhebt sich // *Geschichte der Musik in Deutschland*. 1969. B. 1. Reinbek bei Hamburg. P. 459—474.
40. *Schaffer S.* Self Evidence // *Critical Inquiry*. 1992 (Winter). P. 327—362.
41. *Sibum H. O.* Physik aus ihrer Geschichte verstehen: Entstehung und Entwicklung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsstile in der Elektrizitätsforschung des 18. Jahrhunderts. Wiesbaden: Deutscher Universität Verlag, 1990. P. 219—254.
42. *Forbes J. D.* Report upon the Recent Progress and State of Meteorology // *BAAS Report*. 1832. P. 196—258.
43. *Phillips J.* Description of a New Self-Registering Maximum Thermometer // *BAAS Report*. 1832. P. 574—575.
44. *Whewell W.* The Philosophy of the Inductive Sciences, Founded Upon Their History. Vols. 1—2. London: John W. Parker, 1840.
45. *Wise M. N.* Work and Waste: Political Economy and Natural Philosophy in Nineteenth Century Britain (III) // *History of Science*. 1990. Vol. 28. P. 221—261.
46. *Forrester J.* Chemistry and the Conservation of Energy: The Work of James Prescott Joule // *Studies in History and Philosophy of Science*. 1975. Vol. 6. P. 273—313.
47. *Browning W.* John Benjamin Dancer, F.R.A.S., 1812—1887 // *Memoirs and Proceedings of the Manchester Literary and Philosophical Society*. 1964/65. Vol. 107. P. 115—142.
48. *Milligan H.* New Light on J. B. Dancer // *Memoirs and Proceedings of the Manchester Literary and Philosophical Society*. Vol. 15. P. 80—88.
49. *Bracegirdle B., McCormick J. B.* The Microscopic Photographs of J. B. Dancer. Chicago: Science Heritage Limited, 1993.
50. *Schuster A.* On the Scale-Value of the late Dr. Joule's Thermometers // *Philosophical Magazine*. 1895. Vol. 39. P. 477—501.
51. Joule to Thomson, 25 May 1879. Add MSS 7342 J 291, Cambridge University Library.
52. *Rowland, H.* «European Trip Diary». Johns Hopkins University Library, MS. 6, series 4.
53. *Rubens H.* Apparat zur Bestimmung des mechanischen Waermeaequivalents // *Physikalische Zeitschrift*. 1906. Bd. 7. S. 272—276.
54. *Herschel J. F. W.* Explanation of the Principle and Construction of the Actinometer // *BAAS Report*. 1833. P. 379—381.
55. *Morus I. R.* Different Experimental Lives: Michael Faraday and William Surgeon // *History of Science*. 1992. Vol. 30. P. 1—28.
56. *Babbage C.* Smithsonian Institution Annual Report. 1856. P. 189—302.
57. *Hacking I.* The Taming of Chance. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
58. *Ewart P.* On the Measure of Moving Force // *Memoirs and Proceedings of the Manchester Literary and Philosophical Society*. 1813. Vol. 2. P. 105—228.

А. В. ПОСТНИКОВ

**ЭКСПЕДИЦИЯ Л. А. ЗАГОСКИНА 1842–1844 гг., ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ
(к 150-летию публикации материалов)**

В первой половине XIX в. Российско-Американская компания (РАК) уделяла большое внимание исследованиям материковой Аляски. Практика промысловой деятельности Компании и отдельные рекогносцировочные походы подготовили к 40-м гг. XIX в. почву для широкомасштабной научной экспедиции. Русские уже были в общих чертах знакомы с географией и народами, живущими в бассейнах нижнего течения рек Квихпак (Юкон) и Кускокуим*, а племена, населявшие эти районы, в свою очередь, в процессе меновой торговли, по меньшей мере опосредованно, были осведомлены о российских промышленниках и уже не всегда рассматривали возникающие с ними контакты как зло, которого, насколько возможно, требовалось избегать.

Экспедиция Л. А. Загоскина занимает особое место в истории географического изучения и картографирования континентальной части владений Российско-Американской компании. Одновременно она в значительной степени подводит итог предшествовавшим походам служащих Компании по долинам основных рек Западной Аляски, результаты которых фактически не были опубликованы их участниками. Уже в это время пребывание русских в Америке стало приносить ощутимые научные плоды, что, в частности, было ярко продемонстрировано всему миру в книге Ф. П. Врангеля по географии и этнографии Русской Америки, изданной им на немецком языке через три года после возвращения из колоний [1] в качестве первого тома новой серии «*Beitrag zur Kenntniss des Russischen Reiches...*» («Вклад в знание о Российской Империи и прилегающих частях Азии»). В этом труде, который до сих пор, к сожалению, не переведен на русский язык, помимо обобщения данных многих из его предшественников и современников, барон Врангель привел богатые сведения, собранные им лично во время длительных инспекционных поездок по колониям. Вся эта информация была им глубоко осмыслена и проанализирована на базе сопоставления с материалами географических исследований в других приарктических районах земного шара, хорошо ему известных не только по литературе, но и по собственным исследованиям в Северном Ледовитом океане у берегов Сибири. Этот сравнительный анализ многое добавил к пониманию природных процессов и значительно способствовал дальнейшему становлению и развитию физической географии как науки. Книга имеет также общепризнанное значение как фундаментальный этнографический труд.

Первые четыре главы монографии представляют собой рассказ Ф. П. Врангеля о Русской Америке, базирующийся на статистических сведениях. Он детально описывает методы охоты на пушного зверя, обсужда-

* Названия географических объектов, племен и личные имена приведены в тексте во всех встречающихся в источниках вариантах.