

Опыты Марселя Депре по передаче электрической энергии. Ч. 2. Из Визиля в Гренобль (к 180-летию со дня рождения М. Депре)

БОРОДИН Д.А.
ИЦ «Русэлпром», Москва, Россия

Статья посвящена истории первых силовых электропередач на большое расстояние. Во второй части описана электропередача Визиль–Гренобль (1883), КПД которой впервые преодолел планку в 50 % (протяженность 14 км; переданная мощность 7 л.с.; КПД 62 %). В опытах участвовали не только электротехники, но и граждане Гренобля, проявившие большой интерес к открывающимся возможностям для своего города. Мэром Гренобля была назначена специальная комиссия, наблюдавшая за ходом проведения экспериментов, состоящая из местных жителей. Параллельно с экспериментами была проведена небольшая выставка, демонстрирующая возможности распределения системы постоянного тока, ставшая весьма популярной для местных жителей. Изложенные события повлияли на то, что Гренобль в дальнейшем стал одним из центров развития «белого угля» – технологии гидроэнергетики.

Ключевые слова: электропередача постоянным током, электропередача Визиль–Гренобль, белый уголь, Марсель Депре, Эдуард Рей, Аристид Берже, Жюль Сарсия, Франк Жеральди

Первая часть статьи [1] была посвящена электропередаче Марселя Депре на Северной железной дороге (недалеко от Парижа) в начале 1883 г., которую французский электротехник осуществил сразу после своих опытов на Мюнхенской электротехнической выставке 1882 г.

Через два месяца после проведения экспериментов по электропередаче на Северной железной дороге Марсель Депре подал заявление в Секцию механики Французской академии наук на вакансию, освободившуюся в результате кончины инженера и математика Жака Бресса (*Jacques Bresse*). Бессменный секретарь Академии и горячий сторонник идей М. Депре Жозеф Берtran сделал все возможное и невозможное, но кандидатура Депре не прошла. Интересно, что в 1857 г. эта же секция отказалась регистрировать великого физика и механика Леона Фуко (*Léon Foucault*) [2].

Эта досадное недоразумение в жизни Марселя Депре очень скоро было возмещено большой творческой удачей в его карьере. Многочисленные статьи, эксперименты, обширная работа французского электротехника по популяризации идей дальних силовых электропередач и, наконец, потребности времени стали приносить плоды.

Небольшой французский город Гренобль с населением в 36 тыс. жителей (центр департамента Изер)

располагался у подножия Альп на скрещении трех долин и слиянии двух горных рек Изеры (*Isère*) и Драка (*Drac*). Недалеко от Гренобля в горах Дофине (*Alpes du Dauphiné*) имелись значительные гидроресурсы. Здесь выпадало «четыре метра воды в год, в 10 раз больше, чем в Париже» [3].

Город имел в собственной эксплуатации газовый завод, который весьма затратной частью ложился на местный бюджет. Поэтому «умный и деятельный» муниципалитет города с большим вниманием наблюдал за успешным развитием идей Депре по передаче электроэнергии [4]. Мэр Гренобля Эдуард Рей (*Édouard Rey*) был горячим сторонником электротехники и всячески способствовал продвижению новых технологий на вверенной ему территории [5, 6]. Летом 1882 г. центральная площадь города была освещена двадцатью лампами накаливания. Общая мощность электроподстанции составляла около 2 л.с. Электрогенератор приводился во вращение паровой машиной, расположенной поблизости. В честь этого события были даже устроены ночные танцы. Электрооборудование для мероприятия было предоставлено советником Гренобля – Аристидом Бержесом (*Aristide Bergès*), сыгравшим в истории мировой гидроэнергетики одну из ключевых

ролей. Будучи крупным промышленником, производящим бумагу, А. Бержес активно использовал на своих заводах энергию воды. В 1867 г. он отвел 200-метровый водопад в железную трубу, заканчивающуюся турбиной, тем самым получив мощность на выходе порядка 1000 л. с. За сравнительно небольшое время предприниматель оснастил подобными установками ряд своих предприятий. В 1882 г. А. Бержес использовал на своем водоводе высотой 500 м (дополнительно к своим турбинам) генератор постоянного тока Грамма [7]. Но главная заслуга А. Бержеса состояла в популяризации возможностей использования энергии воды. Его термин «белый уголь» (*la houille blanche*), впервые прозвучавший в 1878 г., «tronул воображение людей». Такая аллегория была выбрана неслучайно. В XIX в. каменный уголь являлся главным источником энергии. Аристид Бержес, методично, в течение десятков лет, своим примером и многочисленными выступлениями обращал внимание общественности на скрытые резервы энергии. Он писал: «Белого угля» во всем этом нет. Это, очевидно, только метафора. Но я хотел употребить это слово, чтобы пробудить полет фантазии и наглядно показать, что горные ледники, обладающие громадной энергией, могут быть для своего края и государства таким же драгоценным богатством, как уголь из недр» [8]. Эпитет «белый уголь» широко поддержанный и растиражированный мировым сообществом после Всемирной выставки 1889 г. в Париже, стал весьма популярен и отождествлялся с гидроэнергетикой в целом (рис. 1). Достаточно сказать, что в материалах плана

ГОЭЛРО словосочетание «белый уголь» встречается около 20 раз [9].

Последователей у А. Бержеса было много, но использование гидравлической энергии воды ограничивалось тем обстоятельством, что горные водопады, озера и реки находились зачастую далеко от промышленных центров. Черный уголь, который мог перевозиться по железной дороге, был предпочтительнее «белого угля». Здесь на первое место выходила задача транспортировки электроэнергии.

Вот почему Эдуард Рей регулярно запрашивал отчеты об экспериментах Марселя Депре и даже нанес ему визит во время своей поездки в Париж. В итоге Рей пригласил Марселя Депре провести новый эксперимент с передачей электроэнергии на расстояние и оплатил из городской казны все расходы по его проведению. «Муниципальный совет Гренобля 1883 года по предложению мэра города «с необычайным предвидением будущего» проголосовал за субсидию в размере 3000 франков на эксперименты Марселя Депре. Эта субсидия вскоре была увеличена до 5000 франков при втором обсуждении этого вопроса [3]. Предложение мэра Гренобля звучало следующим образом: «Давайте покажем grenobльской публике, нашему судье в последней инстанции, что Вы можете сделать, перебрасывая силу на большие расстояния и распределяя ее, когда она будет доставлена. В случае успеха это приведет, я уверен, к выгодному решению как для Вас, так и для города» [10].

Проект, в отличие от предыдущих, мог перейти в практическую плоскость с дальнейшим строительством уже рабочей линии электропередачи. М. Депре схватился за эту задачу. Генератор и двигатель, используемые в экспериментах на Северной железной дороге, были тщательно осмотрены и восстановлены. Генера-



Рис. 1. Аллегория. Черный и белый уголь.

Fig. 1. Allegory. Black and white coal



Рис. 2. Эдуард Рэй

Fig. 2. Édouard Rey

тор высущен, двигатель модифицирован под большее напряжение. Депре приехал в Гренобль с двумя ведущими сотрудниками: «преданным и добросовестным» инженером Жюлем Сарсия (*Jules Sarcia*) и «блестящим» инженером-строителем, заместителем редактора журнала *«La Lumière Électrique»* Франком Жеральди (*Frank Gerald*) [3].

Какое-то время ушло на поиски места для установки генератора, которое было найдено в 14 км от Гренобля недалеко от небольшого городка Визиль (*Vizille*). Цементное предприятие *«Damayet et Co»* согласилось поставить динамо-машину Депре в свое турбинное помещение (рис. 3). Скорость вращения гидравлической турбины (примерно в 140 об/мин) с помощью системы механических передач увеличивалась в 10 раз, достигая требуемой частоты вращения вала генератора, необходимой для успешной электропередачи. На переднем плане рис. 3 – высоковольтный генератор. Справа от него расположен стол с измерительными приборами.

Провода, которые «несли ток из Визиля в Гренобль и возвращали его обратно» были выполнены из кремниевой бронзы диаметром 2,0 мм. Получение разрешения для прокладки линии электропередачи потребовало больших усилий от депутатов департамента Изер, поскольку напряжение линии представляло серьезную опасность для людей и могло повлиять на работу близлежащих телеграфных линий. Непосредственный монтаж линии проходил очень быстро, поскольку использовались старые телеграфные столбы с «самыми обыкновенными изоляторами, взятыми из магазинов». Провода проходили сквозь деревья, дорога была довольно узкой, и листья деревьев почти их касались» [11].

Из рис. 4 видно, что проводов было три: два силовых и третий для связи. Два телефонных аппарата системы Клемана Адера (*Clément Ader*), находящихся в крайних точках электропередачи, «значительно облегчили опыты». Интересно, что телефонная связь привлекла большое внимание публики. Многие любопытные наблюдатели за экспериментами просили иметь возможность переговариваться по телефону [11].

Мэр Гренобля создал специальную комиссию «для наблюдения за экспериментами». Считаем своим долгом привести здесь фамилии этих технических специалистов, участвующих в столь знаменательном эксперименте: Кусс (*Kuss*), горный инженер; Жордан (*Jordan*), инженер-механик; Ривуар (*Rivoire*), Пейрар (*Peyrard*) и Шарлон (*Charlon*), инженеры-строители; Переме (*Pérémé*), инженер-инспектор телеграфных линий; Лабатут (*Labatut*), ассистент факультета естественных наук; Пейрар (*Peyrard*) и Перрин (*Perrin*). Возглавил эту группу инженер-капитан Жюльен Буланже (*Julien Boulanger*). Члены комиссии не только наблюдали за опытами, но и были непосредственными участниками всех измерений [10].

Сопротивление линии электропередачи составляло 170 Ом при длине в 14 км. Двигатель был размещен в самом центре Гренобля в доме, который назывался «Старый зал» (*Les Halles de Grenoble*). Здание когда-то служило церковью. Франк Жеральди (*Frank Gerald*) писал: «Помещение для испытаний было очень большим и очень высоким, к сожалению довольно плохо покрытое, это мы поняли позже; верхний ярус был пронизан пустыми окнами, рамы которых давно исчезли; в погожие дни здесь было очаровательно, и в зале

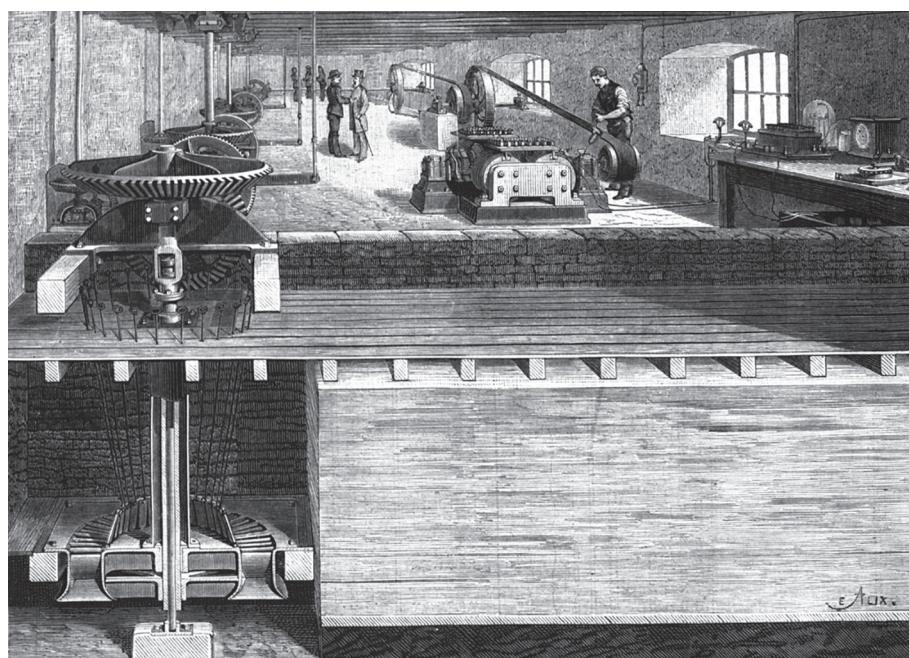


Рис. 3. Электростанция М. Депре в Визиле

Fig. 3. Power Plant in Vizille of M. Desprez



Рис. 4. Линия электропередачи из Визиля в Гренобль

Fig. 4. Power line from Vizille to Grenoble

царила восхитительная прохлада. Но в ненастье свирепствовал холодный горный ветер и бушевали дожди. Однажды пришлось даже прекратить публичные эксперименты, потому что в зале выпало почти столько же воды, сколько и на улице, и инженеры очень опасались влажности для машин. Это обстоятельство припоминается здесь для того, чтобы отметить, что погода не всегда была благоприятной. Напротив, мы трудились в бурную погоду и, даже, в самый разгар большой бури. Было ли это холодно или жарко, безобразно или красиво, сухо или мокро, машины, казалось, не замечали этого и всегда работали одинаково хорошо» [11].

Первые пробы имели цель проверки всей установки на надежность. Скорость генератора постепенно увеличивали в течение часа от 500 до 1300 об/мин. При этом, в случае проблем в Гренобле, оператор должен был по телефону дать сигнал об аварийной остановке. Все прошло успешно: «Испытание дало полное удовлетворение. Полученная сила поднялась с 3-х до 4-х, затем до пяти лошадей, превозойдя, таким образом, первые результаты, а затем снова поднялась, достигая примерно семи лошадиных сил и оставаясь на этом уровне до конца эксперимента. Машины действительно находились в очень хорошем состоянии. Стало ясно, что они отлично послужат и на них можно положиться» [11]. В целом машины работали больше месяца по несколько часов в день.

Крутящий момент генератора и двигателя изменялся с помощью тормоза Прони. На рис. 5 показано это устройство, установленное на приводном валу турбины. Прибор, несмотря на его простоту, обладал большой чувствительностью. Для того чтобы трение

было постоянным, фрикционный барабан непрерывно обрызгивался водой с эмульсией мыла и масла. После измерения момента подключался электрический генератор.

Официальные измерения были запланированы на 22 и 28 августа, но 28 августа из-за недостаточного числа наблюдателей в Визиле результаты экспериментов посчитались сомнительными, и по этой причине опыты повторно были проведены 1 сентября. Эксперименты выполнялись с большей тщательностью, чем на Северной железной дороге. Каждый день проводилось по несколько опытов, каждый из которых длился в среднем по 20 мин. Франк Жеральди определил цели экспериментов следующим образом: «Это было в основном практическое исследование. Важно было быть информированным о переданных и затраченных силах, о надежности работы, о промышленных возможностях всей системы электропередачи, данные электрических устройств были интересными, но второстепенными. Непосредственно исследованию подвергались не средства, а результаты» [11]. Основные данные замеров 1 сентября представлены в таблице [11].

Наилучшим итогом экспериментов был факт транспортировки энергии в 7 л.с. с КПД, достигающим в отдельных опытах 62 %. Из таблицы видно, что 50-процентный порог КПД электропередачи был превышен практически в половине опытов. При этом средняя доля потерь в проводе не превышала 5 %.

Гренобльская комиссия упросила Депре пойти еще дальше и «составить передачу электроэнергии с ее раздачей». В первоначальном плане экспериментов этого не было. Необходимое оборудование отсутствовало

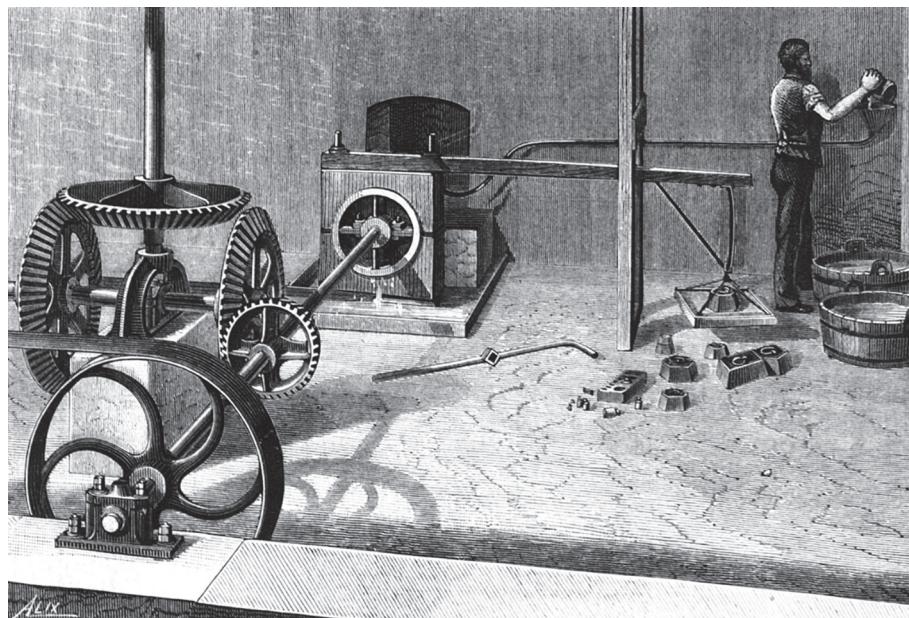


Рис. 5. Измерение момента на валу генератора с помощью тормоза Прони

Fig. 5. Measuring the moment on the generator shaft using the Prony brake

Основные данные электропередачи из Визиля в Гренобль [11]

Basic data of electrical transmission from Vizille to Grenoble [11]

Номер эксперимента	Скорость вращения генератора, об/мин	Мощность на валу генератора, л. с.	Мощность на валу двигателя, л. с.	КПД электропередачи, %
H	780	6,97	3,30	47,3
	730	8,20	3,55	43,2
	732	8,96	3,69	41,1
K	865	8,30	4,10	50,3
	865	9,82	4,66	47,4
	875	11,05	5,08	45,9
L	946	8,46	4,86	57,7
	954	10,10	5,46	54,0
	970	11,46	6,92	52,5
M	1040	9,69	5,66	58,3
	1040	11,08	6,19	55,8
	1050	12,33	6,68	54,1
N 1	1127	11,18	6,97	62,3

вало. Тем не менее, члены команды М. Депре приложили все старания, и такая установка была собрана на скорую руку. Проводить научные измерения было нельзя. Но полученная электроинсталляция прекрасно демонстрировала способность электрической энергии не только передаваться на большие расстояния, но и «дробиться для разных потребителей». Кроме того, подобная «работающая выставка» вызвала большой интерес среди жителей Гренобля, и в течение двух недель этот зал заполнялся «нетерпеливой толпой». На рис. 6 и 7 показан общий вид установки с разных ракурсов. Двигатель в центре здания, питающийся электроэнергией из Визиля, приводил в действие насос, который подавал воду для искусственного фонтана в виде водопада. Дополнительно электродвигатель вращал две ди-

намо-машины Грамма, чей генерируемый ток заставлял работать небольшие двигатели Сименса, приводящие в движение токарный станок по дереву, лобзик и печатный станок. От генератора также для освещения зала были запитаны 108 ламп Эдисона. В Визиля на турбинной станции также было предусмотрено электрическое освещение от главного генератора. Параллельно с опытами, коллеги М. Депре прочли в разных местах Гренобля несколько популярных лекций о передаче электроэнергии на расстояние. Один из участников тех событий Анри Шома (*Henri Chaumat*), ставший впоследствии профессором французской «Консерватории искусств и ремёсел» и сменивший через много лет на своем посту М. Депре, писал: «Энтузиазм в Гренобле был неописуем. Я был в то время второстепенным

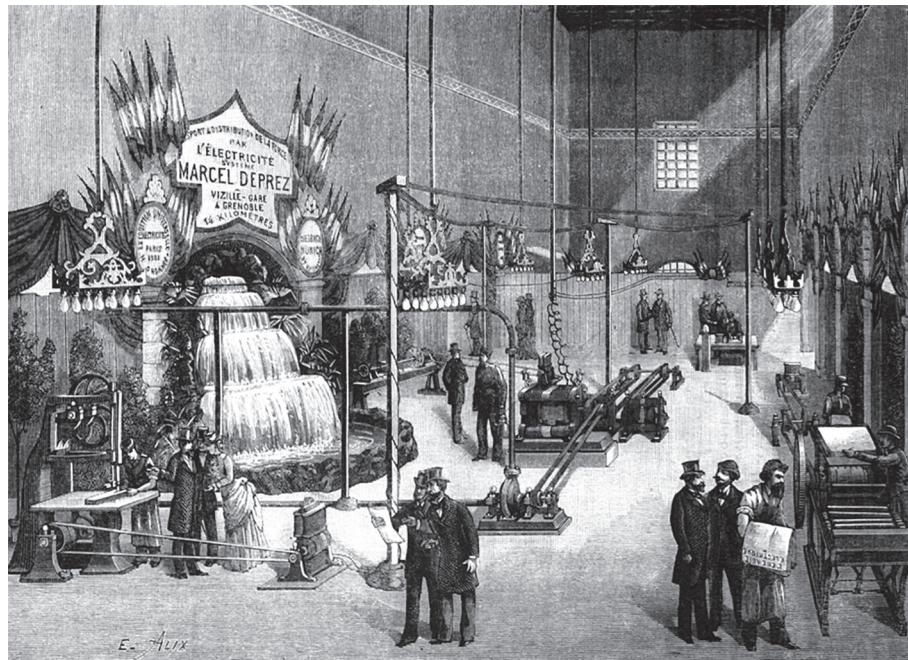


Рис. 6. Общий вид установки в Гренобле

Fig. 6. General view of the installation in Grenoble

персонажем – 16-летним лаборантом физики и химии в гренобльской школе. Но меня, как и всех, поразила красота и важность идей Марселя Депре, и я в итоге прочитал лекцию перед 400 собравшимися студентами о переносе энергии электричеством» [3].

Фонтан в Гренобле был третьим по счету «фонтаном электропередачи», показывающим преемственность в развитии электротехники [12]. «Первый фонтан» был запущен десятью годами ранее в 1873 г., когда французский инженер Ипполит Фонтен (*Hippolyte Fontaine*) на Венской выставке осуществил первую в истории электропередачу на 1 км. Второй ознаменовал успех грандиозной Мисбах-Мюнхенской электропередачи в 1882 г. И вот «третий фонтан» наглядно показал всему миру, что силовые электропередачи могут доставлять энергию к потребителю с КПД, значительно превышающим 50 %. Это был прорыв в технике.

Как было сказано выше, для демонстрации возможностей распределения электрического тока, помимо прочих устройств, принимал участие и печатный станок. На этом полиграфическом оборудовании 5 сентября 1883 г. была отпечатана листовка с названием: «Универсальная газета электричества». Этот «немалый памятный сувенир», предназначенный для жителей Гренобля, являлся первой в истории газетой, воспроизведенной с помощью электрической энергии, передаваемой на большое расстояние. Этот факт и то, что основными авторами издания являлись Марсель Депре, Франк Жеральди и Жюль Сарсия, дают нам повод уделить ему несколько строк. В газете в популярной форме излагалась небольшая на тот момент история электропередач, основные события, привед-

шие к тому, чтобы именно город Гренобль стал «колыбелью триумфа», практического воплощения дальней электропередачи. Много теплых слов было написано в адрес «отца индустрии транспортировки электроэнергии» Марселя Депре. Но очень важно то, что не были забыты энтузиасты проведения столь масштабных экспериментов в Гренобле начинающего формироваться электротехнического сообщества, объединяющего в себе широкие массы: членов Муниципального совета города, журналистов и издателей местной прессы, широко освещавших все вышеперечисленные события (*«L'Impartial des Alpes»*, *«Le Réveil du Dauphiné»*, *«Républicain de l'Isère»*, *«Lyon-Républicain»* и др.), частных и официальных лиц, предоставивших в распоряжение исследователей площадки для проведения экспериментов и необходимое оборудование. В газете с благодарностью «и удовольствием» упоминается и простой электрик Генрих (*Heinrich*), которого экспериментаторы «давно знают и который уже помогал в Мисбах-Мюнхене, и теперь в Гренобле оказывал самую преданную и безоговорочную поддержку в проведении электропередачи» [10]. Последний абзац газеты завершался такими словами: «Последствия этого открытия известны всем. Огромный рост богатства, который произойдет в результате сбора и доставки в города неограниченного количества сил, до сих пор невостребованных, является очевидным фактом. ... Что нужно сказать, так это то, что в этом будущем больше нет сомнений. Сомнения должны исчезнуть. Будущее огромно, и оно гарантировано» [13].

В середине сентября 1883 г. журнал *«La Lumière Électrique»* опубликовал «Отчет комиссии, назначен-

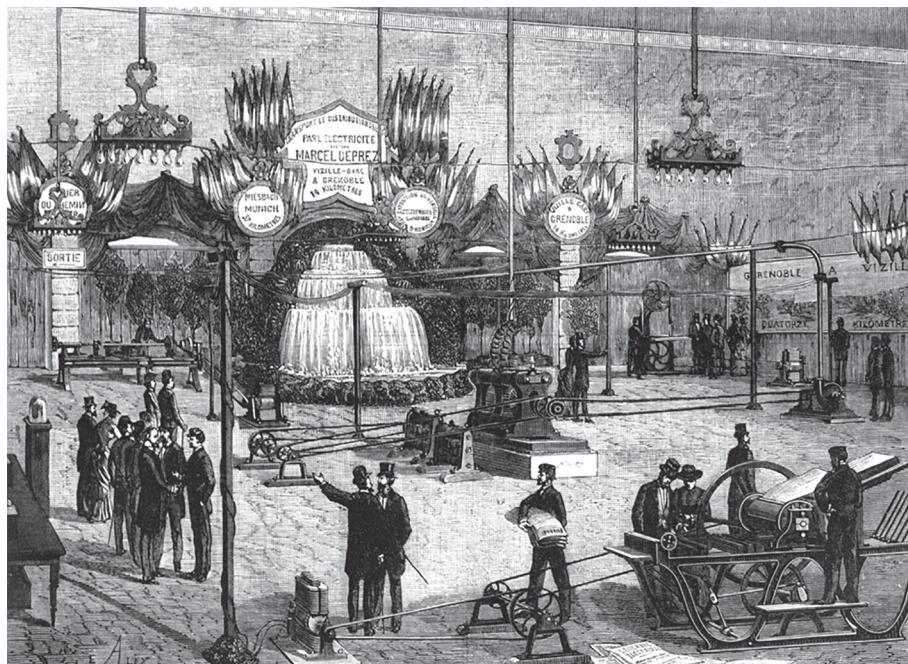


Рис. 7. Выставка передачи и распределения электроэнергии в Гренобле

Fig. 7. Exhibition of transmission and distribution of electricity in Grenoble

ной мэром города Гренобля для наблюдения за экспериментами по передаче силы с помощью электричества». Рапорт был подписан 8 сентября председателем комиссии Жюльеном Буланже и двумя днями позже зачитан на заседании Академии наук Франции. Комиссия подтвердила факт передачи энергии в 7 л.с. на 14 км с КПД 62 % [14].

Секретарь Академии наук Жозеф Бертран, подчеркивая промышленный характер этих опытов, длившихся два месяца, «при единодушном одобрении своих коллег» подытожил результаты экспериментов: «Эти новые опыты имели полный успех, и город Гренобль может приписать себе честь, что именно там был сделан первый шаг в направлении, неоднократно намеченном поощрениями и надеждами Академии наук» [4].

Последующие месяцы были отмечены множеством публикаций на тему передачи электроэнергии на расстояние [15, 16]. Большинство из них имели позитивный характер и высоко оценивали труды Марселя Депре. Но опять, как в прошлые разы, нашлось место и для скептицизма и недоверия. Теодос Дю Монсель в своей статье в начале 1884 г. отмечал: «вопросы конкуренции и соперничества пытались принизить полученные результаты» [17].

Французский учёный и государственный деятель профессор Поль Бер (Paul Bert) весьма красочно охарактеризовал значение гренобльских опытов: «Марсель Депре полностью одержал победу над препятствиями, останавливавшими его предшественников, и силы природы, которые ничего не стоят и которые теперь еще не востребованы, наконец, смогут быть использованы промышленностью. Сила водопада вы-

йдет из неприступного ущелья, сила ветра спустится с крутого холма, сила прилива, необъятная и ныне бесполезная, может быть схвачена и передана за пределы досягаемости волн. Это рассвет промышленной революции» [16]. Корнелиус Герц написал в октябрьском журнале *«La Lumière Électrique»* следующее: «Вот имя, еще вчера почти неизвестное широкой публике, сейчас столь значимое, что оно уже было поставлено в первый ряд людей науки, и которое скоро будет у всех на устах. Эксперимент Визиль–Гренобль, каким бы замечательным он ни был, является всего лишь испытанием, очень скромным спором по сравнению с тем, чем человечество будет, в конечном счете, обязано работам Марселя Депре» [16].

Английский журнал *«The Electrician»* напечатал о заседании Академии наук сообщение, в котором говорилось: «... Марсель Депре доказывал, что он прав, и результаты, полученные Академией наук, подтвердили его точку зрения. В Гренобль дошло 7 лошадиных сил, составляющих 62 % первоначальной мощности, полученной от водопада. Эта энергия использована в Гренобле для работы нескольких печатных и других машин. По этому поводу жители проявили исключительный энтузиазм» [18].

Журнал *«Электричество»* писал: «Передача силы посредством электричества – вопрос, имеющий всего несколько лет существования; изложение доктрины Марселя Депре на конгрессе электриков в 1881 году встреченено было противоречиями и сомнениями, хотя и было подкреплено лабораторными опытами. С тех пор не прошло еще и двух лет, а теперь мы уже видим то, что машины работают при действительно практичес-

ских условиях. Последствия этого открытия оценены всеми; громадное возрастание богатств как результат поработления и перенесения силы в неопределенно больших количествах в города, благоприятные социальные условия – вот первые его плоды» [19].

Выводы. Эксперименты М. Депре по передаче электроэнергии на дальние расстояния приобрели известность не только в профессиональном электротехническом сообществе, но и среди широкой общественности. Особенно эти работы были актуальны для мест, обладающих серьезными гидравлическими ресурсами. Идея получения электрической энергии от горных рек и водопадов с последующей доставкой ее в города и фабрики, находящиеся преимущественно на равнине, выглядела весьма привлекательно для властей и промышленников. Инициатором новой электропередачи выступил муниципалитет города Гренобля. Проведенные эксперименты доказали высокую эффективность перемещения водных сил с помощью электричества.

В третьей части статьи будет рассмотрена электропередача Крей–Париж 1884–1886 гг., в которой была осуществлена транспортировка электричества в промышленных масштабах и проверена надежность работы высоковольтной системы генерации, передачи и потребления электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бородин Д.А.** Опыты Марселя Депре по передаче электрической энергии. Ч. 1. Северная железная дорога (к 180-летию со дня рождения М. Депре). – Электричество, 2023, № 7, с. 77–85.
2. **Ramunni G.** Deprez, Marcel (1843–1918). Professeur d'Électricité industrielle (1890–1918). – Les professeurs du Conservatoire National des Arts et Métiers. Dictionnaire biographique 1794–1955. Tome 1: A – K. Paris: Institut national de recherche pédagogique, 1994, pp. 405–418.
3. **Chaumat H.** Rôle de Marcel Deprez et de la Vizille de Grenoble dans la Conquête de la Houille Blanche. – La Houille Blanche, 1925, No. 5, pp. 140–147.
4. **Herz C.** Le transport de la force par l'électricité. Expériences de Marcel Deprez (Vizille–Grenoble). – La Lumière Électrique, 1883, No. 37, p. 65.
5. **Muller C.** Edouard Rey, le gantier qui métamorphosa. Grenoble: CIRIG, 2010, 53 p.
6. **Jouve J.** Édouard Rey. Maire de Grenoble. – L'Illustration Dauphinoise, 1887, No. 1, p.1.
7. **Кавалье А.** Белый уголь. М.-Л.: Центральное управление печати ВСНХ СССР, 1926, 198 с.
8. **Deléon M.** Aristide Bergès, 1833–1904. Paris: Draeger, 1910, 21 р.
9. План электрификации РСФСР: Доклад VIII съезду Советов Государственной комиссии по электрификации России. М.: Госполитиздат, 1955, 660 с.
10. **Sarcia J.** Expériences de transport et de distribution de force (système Marsel Deprez) de Vizille-Gare à Grenoble (14 kilomètres). – L'Énergie Électrique: journal universel d'électricité, 1883, numéro unique, 05 septembre, p. 1.
11. **Gerald F.** Le transport Électrique de la force, travaux de M. Marcel Deprez. Résumé des expériences. – La Lumière Électrique, 1884, No. 1, p. 46–70.
12. **Бородин Д.А.** Мюнхенская выставка Оскара фон Миллера. Ч. 2. Замечательный результат (к 140-летию Мисбах-Мюнхенской электропередачи М. Депре). – Электричество, 2023, № 1, с. 61–75.
13. **Gerald F., Sarcia J.** L'avenir. – L'Énergie Électrique: journal universel d'électricité, 1883, numéro unique, 05 septembre, p. 1.
14. **Rapport** de la Commission nommée par le maire de la ville de Grenoble pour suivre les expériences sur le transport de la force par l'électricité, faites par M. Marcel Deprez. – La Lumière Électrique, 1883, No. 37, pp. 66–69.
15. **Boulanger J.** Rapport sur le transport et la distribution de la force; Expériences faites à Grenoble par M. Marcel Deprez. – La Lumière Électrique, 1883, No. 40, p.161–162.
16. **Herz C.** Transport lectrique de la force à grande distance. – La Lumière Électrique, 1883, No. 41, p. 193.
17. **Du Moncel Th.** Des lectriq de la science lectrique en 1883. – La Lumière Électrique, 1884, No. 1, pp. 4–7.
18. **Transmission of Energy.** – The Electrician. 1883, 15 September, p. 411.
19. **Передача** силы посредством электричества. Опыты г. Марселя Депре между Визилем и Греноблем. – Электричество, 1883, № 17, с. 193.

Поступила в редакцию [17.05.2023]
Принята к публикации [29.06.2023]

Автор:



Бородин Дмитрий Анатольевич – кандидат техн. наук, ведущий инженер-конструктор, ООО «Инжениринговый центр «Русэлпром», Москва, Россия.

Marcel Deprez's Experiments on Electric Power Transmission.

Part 2. From Vizille to Grenoble

(to the 180th Anniversary of the Birth of M. Deprez)

BORODIN Dmitriy A. (LLC «Engineering Center «Ruselprom», Moscow, Russia) – Leading Design Engineer, Cand. Sci. (Eng.).

The article is devoted to the history of the first electric power transmissions over a long distance. The article's second part describes the Vizille -Grenoble power transmission (1883), the efficiency of which for the first time exceeded the 50% level. (the line was 14 km long; the transmitted power was 7 hp, and its efficiency was 62%). The experiments involved not only electrical engineers, but also the citizens of Grenoble, who showed great interest in the opportunities that were opening for their city. The mayor of Grenoble appointed a special commission to observe the progress of the experiments, which consisted of local residents. In parallel with the experiments, a small exhibition was held, which demonstrated the distribution possibilities of the DC system, which became very popular among the local residents. The events described in the article influenced the fact that later on Grenoble became one of the centers for the development of "white coal" – a hydropower technology.

K e y w o r d s: DC power transmission, Vizille–Grenoble power transmission, white coal, Marcel Despres, Édouard Rey, Aristide Bergès, Jules Sarcia, Frank Geraldy

REFERENCES

1. **Borodin D.A.** Elektrichestvo – in Russ. (Electricity), 2023, No. 7, pp. 77–85.
2. **Ramunni G.** Deprez, Marcel (1843–1918). Professeur d'Électricité industrielle (1890–1918). – Les professeurs du Conservatoire National des Arts et Métiers. Dictionnaire biographique 1794–1955. Tome 1: A – K. Paris: Institut national de recherche pédagogique, 1994, pp. 405–418.
3. **Chaumat H.** Rôle de Marcel Deprez et de la Vizille de Grenoble dans la Conquête de la Houille Blanche. – La Houille Blanche, 1925, No. 5, pp. 140–147.
4. **Herz C.** Le transport de la force par l'électricité. Expériences de Marcel Deprez (Vizille–Grenoble). – La Lumière Électrique, 1883, No. 37, p. 65.
5. **Muller C.** Edouard Rey, le gantier qui métamorphosa. Grenoble: CIRIG, 2010, 53 p.
6. **Jouve J.** Édouard Rey. Maire de Grenoble. – L'Illustration Dauphinoise, 1887, No. 1, p.1.
7. **Kaval'e A.** Bely ugor' (White Coal). M.-L.: Tsentral'noe upravlenie pechati VSNH SSSR, 1926, 198 p.
8. **Deléon M.** Aristide Bergès, 1833–1904. Paris: Draeger, 1910, 21 p.
9. **Plan elektrifikatsii RSFSR: Doklad VIII s"ezdu Sovetov Gosudarstvennoy komissii po elektrifikatsii Rossii** (Electrification Plan of the RSFSR: Report to the VIII Congress of Soviets of the State Commission for Electrification of Russia). M.: Gospolitizdat, 1955, 660 p.
10. **Sarcia J.** Expériences de transport et de distribution de force (système Marsel Deprez) de Vizille-Gare à Grenoble (14 kilomètres). – L'Énergie Électrique: journal universel d'électricité, 1883, numéro unique, 05 septembre, p. 1.
11. **Geraldy F.** Le transport Électrique de la force, travaux de M. Marcel Deprez. Résumé des expériences. – La Lumière Électrique, 1884, No. 1, p. 46–70.
12. **Borodin D.A.** Elektrichestvo – in Russ. (Electricity), 2023, No. 1, pp. 61–75.
13. **Geraldy F., Sarcia J.** L'avenir. – L'Énergie Électrique: journal universel d'électricité, 1883, numéro unique, 05 septembre, p. 1.
14. **Rapport** de la Commission nommée par le maire de la ville de Grenoble pour suivre les expériences sur le transport de la force par l'électricité, faites par M. Marcel Deprez. – La Lumière Électrique, 1883, No. 37, pp. 66–69.
15. **Boulanger J.** Rapport sur le transport et la distribution de la force; Expériences faites à Grenoble par M. Marcel Deprez. – La Lumière Électrique, 1883, No. 40, p.161–162.
16. **Herz C.** Transport lectrique de la force à grande distance. – La Lumière Électrique, 1883, No. 41, p. 193.
17. **Du Moncel Th.** Des lectriq de la science lectrique en 1883. – La Lumière Électrique, 1884, No. 1, pp. 4–7.
18. **Transmission of Energy.** – The Electrician. 1883, 15 September, p. 411.
19. **Elektrichestvo – in Russ. (Electricity)**, 1883, No. 17, pp. 193.

Received [17.05.2023]
Accepted [29.06.2023]