

ИЗВѢСТІЯ
Томскаго Технологическаго Института
Императора Николая II.
т. 18. 1910. № 2.

VII.

В. Н. Пинегинъ.

ОТЗЫВЪ О РАБОТАХЪ А. Я. МИЛОВИЧА.

1—7.

Отзывъ о работахъ А. Я. Миловича.

Г. Миловичемъ на соисканіе кафедры гидравлики и гидравлическихъ двигателей въ Томскомъ Технологическомъ Институтѣ представлены двѣ статьи:

„Конструированіе лопатокъ турбины Френсиса по способу Pfarr'a“.

„Опытъ теоріи всасывающей трубы“.

Эти работы, какъ видно изъ примѣчаній, сдѣланныхъ въ началѣ каждой статьи, были приложены имъ къ отчету по заграничной командировкѣ (1903—1905 г.) и появились въ печати въ началѣ 1907 года.

Работая за границей въ учебныхъ заведеніяхъ, славныхъ именами такихъ ученыхъ какъ Pfarr и Prasil, г. Миловичъ, конечно, долженъ былъ проникнуться идеями, несущимися съ кафедръ этихъ гигантовъ гидравлики. Увлечшись этими идеями и усвоивъ ихъ, онъ задумалъ познакомить съ ними русскихъ техникувъ, такъ какъ въ то время у насъ мало была извѣстна новѣйшая гидродинамическая теорія Prasil'я ¹⁾, а о Pfarr'ѣ, являющемся главнымъ образомъ практикомъ-конструкторомъ въ турбиностроеніи были знакомы только по слухамъ ²⁾.

Немного позднѣе Prasil'я и въ нѣсколько другой формѣ далъ гидродинамическую теорію турбинъ проф. Lorentz ³⁾ (Danzig). Отношеніе теоріи Prasil'я къ теоріи Lorentz'a—это отношеніе общаго къ частному, причемъ нѣкоторыя положенія Lorentz'a не совсѣмъ свободны отъ ошибокъ, какъ показали, напр., Stodola ⁴⁾, а также и Prasil ⁵⁾. Эти

¹⁾ Начало ея появилось въ печати въ 1903 году подъ заглавіемъ: Ueber Flüssigkeitsbewegungen in Rotationshöhlräumen. Schweiz. Bauz. 1903, № 18, 21, 22, 25 и 27 и, какъ продолженіе этихъ изслѣдованій: Die Bestimmung der Kranzprofile und der Schaufelformen für Turbinen und Kreiselpumpen. Schweiz. Bauz. 1906. № 23, 24, 25.

²⁾ Книга его—Die Turbinen für Wasserkraftbetrieb—появилась въ началѣ 1907 года.

³⁾ Neue Grundlagen der Turbinentheorie. Zeitschr. für das gesammte Turbinenwesen. 1905. № 17, 18, 19, 20, а затѣмъ отдѣльн. изд.: Neue Theorien u. Berechnung der Kreiselsräder. 1909

⁴⁾ Stodola. Zur Theorie der Dampfturbine Zeitschr. f. d. ges. Turbinenwesen. 1907. H. 16

⁵⁾ Die Bestimmung der Kranzprofile und der Schaufelformen für Turbinen u. Kreiselpumpen. Schweiz. Bauz. 1906 № 25.

работы Lorentz'a остались, повидимому, неизвѣстными г. Миловичу такъ же, какъ и послѣдняя статья г. Prasil'я.

Но не одно желаніе ознакомить русскихъ техниковъ съ новымъ направлениемъ въ турбиностроеніи руководило г. Миловичемъ. Уже въ первой работѣ: „Конструированіе лопатокъ Фрэнсиса по способу Pfarr'a“, въ работѣ наименѣе оригинальной, г. Миловичъ задается и другой цѣлью: онъ намѣревается разъяснить теоретическія основанія построения лопатки, такъ какъ, по его мнѣнію, и Prasil, и Pfarr недостаточно понятно излагаютъ свои идеи со своихъ кафедръ, „вѣроятно, говоритъ онъ, вслѣдствіе ихъ относительной трудности“ ¹⁾. „Послѣднее обстоятельство, говоритъ онъ далѣе ²⁾, въ связи съ ощущаемымъ въ русской литературѣ недостаткомъ указаній по занимающему насъ вопросу, побудили меня выступить съ предлагаемымъ ниже изложеніемъ способа проф. Pfarr'a, главнѣйшей цѣлью котораго является попытка выясненія его теоретическихъ основаній и практическихъ приложений“.

Но при этомъ, та же самая трудность вопроса „не позволяетъ г. Миловичу привести теоретическія соображенія по затрагиваемымъ здѣсь вопросамъ во всей ихъ полнотѣ“; а только „ограничиться общими руководящими указаніями“. Что касается первой цѣли—ознакомленія русскихъ техниковъ со способомъ Pfarr'a, то въ настоящее время, послѣ выхода въ свѣтъ руководства самого Pfarr'a (*Die Turbinen für Wasserkraftbetrieb*), оно потеряло всякое значеніе. Вторая же цѣль—дать теоретическія основанія нѣкоторыхъ положеній Pfarr'a—съ одной стороны, вслѣдствіе появленія книги Pfarr'a, утрачиваетъ опять таки свое значеніе, такъ какъ Pfarr имѣлъ возможность освѣтить здѣсь все свои положенія гораздо полнѣе, чѣмъ на своихъ лекціяхъ, а съ другой стороны, достигается эта цѣль г. Миловичемъ не всегда съ достаточной убѣдительностью. Такъ напр., перенося весь центръ тяжести построения лопатокъ турбины Фрэнсиса на выходную профиль рабочаго колеса, онъ при теоретическомъ разсмотрѣніи протеканія воды по каналамъ турбины предполагаетъ лопатки какъ бы несуществующими, совершенно не рассматриваетъ вліянія внѣшняго тренія и умалываетъ значеніе центробѣжной силы, дѣйствующей на частицы воды. Между тѣмъ, при наличности этихъ условій, конечно, форма теченія измѣнится, измѣнится и та форма поверхности равнаго потенціала скоростей, которая получена, не принимая во вниманіе выше приведенныхъ условій движенія, и на согласованіе конструирования лопатокъ съ которой г. Миловичъ особенно настаиваетъ. Внѣшнее треніе въ данномъ

¹⁾ См. выше цитированную статью: стр. 1.

²⁾ Ibid.

случаѣ играетъ большую роль, и настаивать на безусловномъ выполненіи теоретическихъ требованій, выведенныхъ при предполагаемомъ отсутствіи этого тренія, врядъ ли основательно.

И самъ Pfarr, указывая на требованіе теоретическихъ разсужденій построения выходной кривой перпендикулярно линіямъ тока, не совѣтуетъ при конструированіи строго слѣдовать этому правилу, указывая, что въ этомъ случаѣ внѣшнее треніе, пропорціональное пути, сильно возрасло бы отъ увеличенія длины лопатокъ ¹⁾; для быстроходныхъ же турбинъ находить такія лопатки совсѣмъ не подходящими, какъ чрезмѣрно увеличивающими путь воды въ колесѣ, а, слѣдовательно, и треніе. Критикуя въ одно и то же время американскую конструкцію лопатокъ, какъ дающую возможность водѣ уклоняться отъ положенной въ основу конструкціи формы теченія, и конструкцію, построенную по чисто теоретическимъ соображеніямъ, Pfarr совѣтуетъ всегда держаться середины, не уклоняясь очень въ ту или другую сторону, хотя въ то же время самъ указываетъ, что нѣкоторыя американскія турбины даютъ очень хорошій коэффиціентъ полезнаго дѣйствія, не смотря иногда даже на чрезчуръ экстраординарныя формы лопатокъ, какъ напр. у турбинъ системы „Геркулесъ“ ²⁾.

На стр. 6 своей работы г. Миловичъ, указывая на то обстоятельство, что „при входѣ въ искривленный каналъ струи жидкости наклонны къ линіи входа“, дѣлаетъ, мнѣ кажется, слишкомъ поспѣшный выводъ, что „уголъ струй жидкости, при входѣ въ изогнутый каналъ, всегда отличенъ отъ угла стѣнокъ послѣдняго съ поверхностью впуска“ и далѣе, что „указанное обстоятельство дѣлаетъ очевиднымъ бесполезность точнаго опредѣленія угловъ лопатокъ“, тогда какъ выше рѣчь идетъ только объ углѣ линій тока съ вертикальной линіей, а не объ углѣ стѣнокъ канала съ цѣлой поверхностью впуска, а затѣмъ совершенно игнорируется вліяніе направляющаго аппарата.

Въ послѣднемъ параграфѣ, говоря объ устойчивости коэффиціента полезнаго дѣйствія, г. Миловичъ оставляетъ безъ вниманія вліяніе способа регулировки на устойчивость работы машины, который имѣетъ большое значеніе: регулировка напр. задвижками даетъ гораздо меньшую устойчивость, чѣмъ регулировка Zodel'я, а послѣдняя меньше, чѣмъ регулировка Fink'a.

Перехожу теперь ко второй статьѣ г. Миловича: „Опытъ теоріи всасывающей трубы“.

Прежде всего, мнѣ кажется, авторъ сразу всталъ на неправильную

¹⁾ Pfarr. Die Turbinen für Wasserbetrieb 1907, S. 214 и слѣд.

²⁾ Ibid., стр. 215.

точку зрѣнія относительно своей работы, считая ее какъ бы совершившей переворотъ въ ученіи о всасывающей трубѣ.

Въ своемъ предисловіи онъ говоритъ напр.: „до самаго послѣдняго времени относительно..... направляющаго аппарата и всасывающей трубы ограничивались только незначительными замѣчаніями“ (стр. 1); „гидродинамическая теорія теченій и найденные, хотя и немногочисленные виды ихъ даютъ, по моему мнѣнію, полную возможность положить основаніе теоріямъ какъ направляющаго аппарата и камеры турбины, такъ и всасывающей трубы ея“ (стр. 2). „Послѣдняя (теорія всасывающей трубы), какъ она излагается до сихъ поръ всѣми авторами, весьма проста и имѣетъ цѣлью только опредѣлить давленіе въ каждой точкѣ внутри трубы“ (стр. 4), а затѣмъ, приведя вкратцѣ старую теорію всасывающей трубы, основанную на примѣненіи уравненія Бернулли, заключаетъ это изложеніе словами: „исключая немногочисленные замѣчанія нѣкоторыхъ авторовъ, по существу ничего новаго не вносящія, изложенное заключаетъ въ себѣ все то, что извѣстно было относительно всасывающей трубы до настоящаго времени“ (стр. 7).

Читая всѣ эти строки, можно было бы подумать, что авторъ совершенно не знакомъ ни съ работами Prasil'я, ни съ работами Lorentz'a (съ послѣдними, какъ я уже указывалъ выше, онъ, повидимому, дѣйствительно не знакомъ); потому что, зная напр. работы Prasil'я, трудно сказать, что теорія всасывающей трубы, основанная на теоріи теченій, до работы г. Миловича не существовала. Вѣдь и работа-то г. Миловича есть не что иное, какъ переработка работы Prasil'я, дополненная только нѣкоторыми выводами.

Самъ же авторъ говоритъ далѣе: „развитію предлагаемой теоріи всасывающей трубы на основѣ теоріи теченій способствовала статья проф. Prasil'я—Ueber Flüssigkeitsbewegungen in Rotationshohlräumen, въ которой указана также и одна изъ возможныхъ формъ всасывающихъ трубъ“ (стр. 8), а далѣе, что проф. Pfarr въ 1905 году ввелъ въ свой курсъ теорію всасывающей трубы по Prasil'ю; на стр. 30 и слѣдующихъ онъ даже приводитъ трубу Prasil'я и излагаетъ способъ ея конструированія. Критикуя далѣе послѣднюю трубу, г. Миловичъ критикуетъ не самую гидродинамическую теорію, на основаніи которой она получена, и изложеніемъ которой пользуется самъ же онъ, а только форму ея, симметричную относительно оси, форму, строго вытекающую изъ гидродинамической теоріи теченій, но неудовлетворяющую, правда, условіямъ выхода; заслуга Prasil'я въ томъ и велика, что онъ первый далъ гидродинамическую теорію для построенія какъ самого рабочаго колеса, такъ и всасывающей трубы. Г. Миловичу оставалось только дополнять и видоизмѣнять, а не создавать вновь.

Перехожу теперь къ болѣе подробному разбору работы. Въ § 1 авторъ излагаетъ, какъ я уже говорилъ выше, теорію всасывающей трубы по Graf'у (Theorie, Berechnung und Konstruktion der Wasserturbinen und deren Regulatoren), на основаніи теоремы Бернулли; замѣчанія относительно допустимой высоты всасывающей трубы близки къ таковымъ же Pfarr'a (см. Die Turbinen für Wasserbetrieb, стр. 178). § 2 содержитъ „критическую оцѣнку существующихъ взглядовъ на всасывающую трубу“, гдѣ авторъ опять таки понимаетъ только трубу, построенную на основаніи теоремы Бернулли.

§§ 3, 4 и 5 содержатъ изложеніе гидродинамической теоріи Prasil'я и тѣхъ выводовъ, къ которымъ Prasil пришелъ относительно токовыхъ линій, величины скорости, поверхностей равныхъ относительной и абсолютной скоростей, поверхностей равнаго давленія (последнія хотя у Prasil'я и не указаны, но выведено уравненіе, по которому получается эта поверхность).

Въ § 6 (стр. 18—21) авторъ излагаетъ законы плоскаго движенія жидкости и линіи равнаго давленія. Всѣ эти вопросы давно уже изучены Euler'омъ, Helmholtz'омъ, Kirchhof'омъ, Riemann—Weber'омъ, Wien'омъ и т. д., правда, конечно, безъ всякаго указанія на возможность примѣненія къ различнымъ специальнымъ вопросамъ практики, и могутъ быть найдены въ курсахъ гидродинамики (напр. у Lamb'a въ его Hydrodynamique, нѣм. изд. 1907 года, стр. 86 и друг.).

Въ § 7 (стр. 21—28) авторъ рассматриваетъ вопросы о расходѣ теченія, поверхности minimum'a скорости, maximum'a давленія, и наконецъ даетъ графическое опредѣленіе давленія и затрачиваемой энергіи.

Въ § 8 (стр. 28—44) рассматриваются различныя формы всасывающихъ трубъ, въ зависимости отъ условій отвода воды отъ колеса турбины. Здѣсь авторъ примѣняетъ методъ Prasil'я опредѣленія формы всасывающей трубы путемъ выдѣленія изъ теченія нѣкотораго опредѣленнаго пучка линій тока для полученія различныхъ формъ трубы, хотя бы и несимметричныхъ относительно оси теченія. Рассматривая такимъ образомъ отводъ воды въ бассейнъ конечной глубины съ двумя плоскими вертикальными боковыми стѣнками, сходящимися подъ угломъ, онъ получаетъ форму наиболѣе распространенныхъ въ настоящее время изогнутыхъ бетонныхъ трубъ.

Но хотя авторъ и получаетъ при этомъ форму всасывающей трубы, сходную съ употребляющейся въ настоящее время въ практикѣ бетонной трубой, но примѣненіе въ данномъ случаѣ метода Prasil'я для ея полученія врядъ ли вообще допустимо и вотъ почему: Prasil, рассматривая теченіе жидкости по выходѣ изъ рабочаго коле-

са, не дѣлаетъ никакой натяжки при выводѣ формы своей трубы; жидкость вытекаетъ изъ колеса симметрично относительно оси колеса и продолжаетъ далѣе течь въ его трубѣ также симметрично, нисколько не нарушая состоянія скоростей, давленій и проч., установившагося по выходѣ изъ колеса; труба въ данномъ случаѣ является какъ бы естественнымъ продолженіемъ ободьевъ колеса; не то у г. Миловича: здѣсь мы должны предположить, что эксцентрическій отводъ воды отъ колеса нисколько не нарушаетъ установившуюся по выходѣ изъ колеса форму теченія; только тогда, конечно, мы можемъ получить линіи токовъ, поверхности равныхъ скоростей, давленій и проч. такими же, какъ при симметричномъ теченіи жидкости; такое же предположеніе ни на чемъ не основано.

Хотя авторъ и вводитъ промежуточное звено между колесомъ и изогнутой частью трубы—цилиндрическую трубу, но это онъ дѣлаетъ опять таки безъ надлежащихъ основаній; важно теоретически показать, какую роль будетъ играть эта часть трубы, какъ велика она должна быть и способна ли она вообще сгладить переходъ воды отъ колеса къ изогнутой части; это авторомъ не сдѣлано, а вмѣстѣ съ этимъ теряется и обоснованность вывода данной формы трубы.

Аналогичнымъ образомъ выводитъ авторъ форму трубы для отвода жидкости въ бассейнъ конечной глубины съ 2-мя и 3-мя плоскими вертикальными стѣнками при двухъ параллельныхъ.

Желаніе предохранить всасывающую трубу отъ возможности пониженія ея всасывающаго дѣйствія вслѣдствіе условія вытеканія изъ нея воды приводитъ его, совершенно справедливо, къ мысли снабдить всасывающую трубу раструбомъ. Но, ссылаясь на отсутствіе въ настоящее время теоріи движенія воды изъ каналовъ опредѣленной ширины въ болѣе широкіе, онъ не даетъ прямыхъ отвѣтовъ на вопросъ о формѣ этого раструба, довольствуясь только нѣкоторыми общими указаніями о величинѣ давленія въ наиболѣе сжатой части этого раструба.

Въ § 9 (стр. 44—47) авторъ опредѣляетъ положеніе дна всасывающей трубы относительно горизонта нижней воды, принимая за предѣльную высоту нижняго уровня надъ горизонтальной плоскостью начала координатъ—высоту надъ ней точекъ *minimum*'а скорости на наивысшей струйкѣ профиля трубы, а затѣмъ возвращается къ формѣ раструба трубы, предполагая горизонтъ нижней воды мѣняющимся; при этомъ авторъ не только не даетъ опредѣленнаго и прямого рѣшенія вопроса, но допускаетъ ошибку, предполагая, что форма теченія въ воронку одинакова съ формой теченія изъ воронки.

Въ § 10 (стр. 47—55) авторъ, исходя изъ того положенія, что сдѣланное при выше изложенномъ предположеніе строго нормальнаго къ поверхности выпуска вытеканія воды изъ каналовъ колеса никогда не имѣетъ въ дѣйствительности мѣста, рассматриваетъ два вращательныхъ движенія жидкости: не вихревого (изученнаго уже Prasil'емъ: см. Schweiz. Bauz. 1903, № 25, стр. 283) и вихревого, въ которомъ линіи вихрей совпадаютъ съ линіями токовъ, и приходитъ, съ одной стороны, къ заключенію, что во всасывающей трубѣ движеніе жидкости должно быть ближе къ послѣднему, чѣмъ къ первому, а во вторыхъ, что вращательное „движеніе жидкости вблизи осевой части трубы оказываетъ вредное вліяніе на работу колеса турбины“, къ чему пришелъ еще Prasil (ibid).

Наконецъ, въ § 11 (стр. 55—58) авторъ указываетъ на аналогію формы всасывающей трубы съ формами рупора.

Обращаясь теперь къ общей характеристикѣ работъ г. Миловича, я, оставляя въ сторонѣ первую статью его „Очерчиваніе лопатокъ турбины Френсиса по способу Pfarr'a“, какъ не имѣющую, по моему мнѣнію, особеннаго научнаго значенія, остановлюсь только на второй работѣ „Опытъ теоріи всасывающей трубы“. Работа эта, представляющая изъ себя переработку работы Prasil'я, хотя и захватываетъ вопросъ шире, чѣмъ рассматривалъ его этотъ ученый, не всегда обладаетъ строгой обоснованностью своихъ выводовъ; авторъ, критикуя практическую примѣнимость трубы Prasil'я, методомъ котораго онъ пользуется самъ, не даетъ взаимѣнъ ея трубы, которая удовлетворяла бы всѣмъ теоретическимъ условіямъ протеканія по ней жидкости; вопросъ о раструбѣ не разрѣшенъ въ достаточной степени.

Но въ то же самое время работа показываетъ, что авторъ стремился самостоятельно и добросовѣстно разработать нѣкоторые вопросы, связанные съ теоріей всасывающей трубы, что онъ свободно владѣетъ научнымъ языкомъ и умѣетъ обращаться съ математическимъ анализомъ. Я убѣжденъ, что со временемъ, при такомъ же отношеніи къ дѣлу, г. Миловичу удастся побѣдить трудности разрабатываемыхъ имъ вопросовъ и сдѣлать цѣнный вкладъ въ науку. Сознваемая имъ самимъ необходимость опытной провѣрки теоретическихъ результатовъ служить залогомъ правильнаго пониманія предмета и предохранить его отъ излишнихъ увлеченій теоріей.