

F. GRASHOF

профессоръ политехнической школы въ Карлеруэ.

О ВИДАХЪ
СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ВЪ ПРИРОДѢ
ЭНЕРГІИ,
ПОДХОДНОЙ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКАГО ПРОИЗВОДСТВА РАБОТЫ.

СЪ НѢМЕЦКАГО ПЕРЕВЕЛЪ

А. Романовъ,

инженеръ путей сообщенія.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Министерства путей сообщенія (А. Бенке).

1885.

F. GRASHOF

профессоръ политехнической школы въ Карлсруэ.

530.1
Г 87

О ВИДАХЪ

СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ВЪ ПРИРОДѢ

ЭНЕРГІИ,

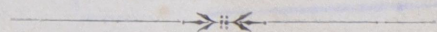
ПРИГОДНОЙ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКАГО ПРОИЗВОДСТВА РАБОТЫ.

45034

СЪ НѢМЕЦКАГО ПЕРЕВЕЛЪ

А. Романовъ,

инженеръ путей сообщенія.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Министерства путей сообщенія (А. Бенке).

1885.

О ВИДАХЪ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ВЪ ПРИРОДѢ ЭНЕРГІИ, ПРИГОДНОЙ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКАГО ПРОИЗВОДСТВА РАБОТЫ.

[Читано профессоромъ *Grashof* омъ 12 января н. с. 1885 г. въ Карлсруйскомъ отдѣлѣ общества нѣмецкихъ инженеровъ *)].

По отношенію къ формѣ проявленія *энергіи*, или запаса работы, можно различать свободную энергію и связанную. Подъ свободною, или кинетическою энергіей, называемой обыкновенно живою силой, слѣдуетъ разумѣть ту энергію, которою обладаетъ движущаяся масса вслѣдствіе своего движенія относительно другихъ тѣлъ (или относительно пространства, предполагаемаго въ покоѣ). Связанный-же запасъ работы, или потенциальная энергія, является достояніемъ извѣстнаго тѣла вслѣдствіе положенія его относительно другихъ тѣлъ и вслѣдствіе силъ, дѣйствующихъ между ними. Запасъ этотъ уменьшается, а именно отчасти дѣлается свободнымъ при относительномъ движеніи въ сторону дѣйствія упомянутыхъ силъ, и увеличивается при противоположномъ направленіи относительнаго движенія.

Какъ свободная энергія, такъ и связанная могутъ быть, кромѣ того, внѣшнею или внутреннею. *Внѣшняя свободная энергія* (въ механикѣ называемая просто или въ тѣсномъ смыслѣ живою силой) соотвѣтствуетъ замѣтному для насъ движенію, т. е. такому движенію, когда точки разсматриваемаго тѣла проходятъ пути измѣримой длины. *Внутренняя-же*, напротивъ, соотвѣтствуетъ гипотетическимъ, не-

*) Напечатано въ *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, Bd. XXIX, 1885 г., № 9.

замѣтнымъ для насъ и неизмѣримымъ относительнымъ движеніямъ атомовъ или частицъ, образующихъ тѣла, въ частности, напр., такимъ молекулярнымъ движеніямъ, которыя можно разсматривать какъ причину теплоты. *Внѣшняя связанная энергія* присуща тѣлу конечной величины, вслѣдствіе его положенія относительно другихъ такихъ-же тѣлъ и вслѣдствіе силъ, дѣйствующихъ между ними, а *внутренняя* обуславливается относительными положеніями атомовъ или частицъ, образующихъ данное тѣло, и дѣйствующими между ними гипотетическими силами. По отношенію къ этой внутренней энергіи можно различать *химически связанную*, соотвѣтственно группировкѣ атомовъ въ частицахъ и тѣмъ химическимъ силамъ, съ которыми атомы дѣйствуютъ другъ на друга, и затѣмъ *физически связанную*, если разсматривать группировку цѣлыхъ частицъ съ эфирными ихъ оболочками и дѣйствующія между ними силы.

Согласно основному принципу естественныхъ наукъ, величина существующаго въ мірѣ запаса работы, или энергіи, не измѣняется. Только формы энергіи, благодаря работамъ силъ, подвержены разнообразнымъ, безпрестаннымъ превращеніямъ. Такъ, напр., если какое-нибудь тѣло приподнять надъ поверхностью земли, то ему, вслѣдствіе этого подъема и его тяжести, сообщается извѣстная связанная (внѣшняя) энергія; эта энергія освобождается, а именно преобразовывается въ свободную (также внѣшнюю) энергію, такъ называемую живую силу, когда тѣло падаетъ обратно на землю, и это преобразование является результатомъ именно работы силы тяжести. Вообще, обращеніе связанной энергіи въ свободную соединено съ положительною работою, и на величину этой работы уменьшается связанная энергія, а свободная увеличивается. При обращеніи-же свободной энергіи въ связанную имѣетъ мѣсто обратное, т. е. бываетъ избытокъ отрицательной работы. Возможенъ, впрочемъ, также переходъ свободной энергіи въ другую свободную и связанной въ другую связанную. Такъ, при ударѣ, сопровождающемъ паденіе тѣла, является отрицательная работа силы удара (взаимнаго давленія) и положительная работа частичныхъ силъ; такимъ образомъ, внѣшняя свободная энергія преобразовывается во внутреннюю свободную-же, именно въ теплоту, и теплота эта, напр., при повторяемыхъ ударахъ бабы о сваю обнаруживаетъ себя нагрѣваніемъ той и другой. При подъемѣ бабы ручнаго копра внутренняя энергія, связанная химически въ мускулахъ рабочихъ, преобразовывается во внѣшнюю связанную энергію, при посредствѣ положительной работы мускульной силы и отрицательной работы силы тяжести.

Вообще, преобразование связанной энергии въ свободную соединено съ избыткомъ положительной работы, а обратное преобразование связано съ избыткомъ отрицательной работы; обращеніе-же свободной энергии въ свободную и связанной въ связанную происходитъ при посредствѣ какъ положительныхъ, такъ и отрицательныхъ работъ, взаимно возмѣщающихъ другъ друга.

Не слѣдуетъ смущаться тѣмъ, что обычный научный способъ выражаться, повидимому, не всегда совершенно соотвѣтствуетъ этому воззрѣнію. Такъ, напр., въ случаѣ тѣла, находящагося въ атмосферномъ воздухѣ, говорятъ, что при возвышеніи температуры этого тѣла путемъ сообщенія ему теплоты, часть этой теплоты превращается во внѣшнюю работу, соотвѣтственно увеличенію объема тѣла и побѣжденію внѣшняго давленія. Согласно воззрѣнію, выраженному выше, при посредствѣ этой работы рассматриваемая теплота обращается въ физически связанную энергию воздуха, соотвѣтственно уплотненію, испытываемому воздухомъ отъ расширения тѣла (хотя уплотненіе это можетъ быть и незамѣтно вслѣдствіе громадной массы воздуха). Но упомянутая работа представляетъ вполнѣ мѣру этого измѣненія связанной энергии, и вообще не только позволительно, но, въ виду невозможности измѣрить измѣненіе плотности воздуха, даже лучше говорить только объ этой работѣ, хотя она является величиной, такъ сказать, мгновенно только существующей и служащей просто для преобразованія одной величины съ продолжительнымъ существованіемъ въ такую-же другую, а именно одного вида энергии въ другой.

Превращенія, о которыхъ идетъ рѣчь, происходятъ безпрестанно въ большихъ размѣрахъ въ хозяйствѣ природы, и техника старается направлять ихъ отчасти сообразно со своими цѣлями. Средствами для этого служатъ *машины*. Полная машина въ этомъ смыслѣ состоитъ изъ частей, если не всегда отдѣлимыхъ другъ отъ друга матеріально, то по крайней мѣрѣ мысленно; а именно: изъ *двигателя*, служащаго для преобразованія находящейся въ распоряженіи энергии въ механическую работу, и изъ *орудія*, или *исполнительнаго механизма*, для преобразованія этой механической работы въ тотъ видъ энергии, который въ связи съ опредѣленными движеніями соотвѣтствуетъ данной цѣли (опредѣленному измѣненію положенія или формы тѣла); кромѣ того, между этими двумя частями машины существуетъ еще

третья—*передача* для переноса механической работы, по большей части, какъ известно, въ видѣ произведенія изъ угловой скорости вала и изъ момента силы относительно этого вала; множители эти, въ случаѣ надобности, измѣняются, не измѣняя величины произведенія. Здѣсь только вообще говорится о *возможныхъ и употребительныхъ родахъ машинъ-двигателей*.

Машины-двигатели, наиболѣе употребительные, соотвѣтствуютъ тѣмъ формамъ, въ которыхъ для техническаго производства работы пользуются преимущественно энергіей, находящейся въ природѣ; это тѣ формы, въ которыхъ энергія является наиболѣе обильною или отъ накопленія, или отъ постоянного возобновленія внутри земли или на ея поверхности; затѣмъ, тѣ именно формы энергіи, въ которыхъ она легче всего уловима, и особенно тѣ, которыя можно концентрировать въ томъ или другомъ пунктѣ. Всего болѣе, хотя и въ очень различной степени, этимъ условіямъ отвѣчаютъ: внѣшняя свободная или связанная энергія воды, внѣшняя свободная энергія атмосфернаго воздуха, а также внутренняя связанная, именно химически связанная энергія живыхъ существъ и растительныхъ, особенно-же ископаемыхъ горючихъ веществъ.

Внѣшняя *энергія воды* находитъ техническое употребленіе въ видѣ свободной энергіи, которою вслѣдствіе своей массы и скорости обладаетъ вода, текущая въ рѣчныхъ руслахъ. Однако этотъ способъ пользованія только второстепенный, особенно потому, что въ такомъ видѣ энергія распределена въ слишкомъ большой сравнительно массѣ воды и не можетъ достаточно просто концентрироваться, т. е. не можетъ переноситься на менѣе значительную массу воды съ соотвѣтственно болѣею скоростью. А потому, какъ известно, въ гораздо болѣе широкихъ размѣрахъ пользуются связанною внѣшнею энергіею воды, именно такъ, что на известномъ протяженіи рѣки, посредствомъ отводныхъ каналовъ, иногда въ соединеніи съ подпоромъ, паденіе, по возможности, концентрируется въ одномъ известномъ пунктѣ. Связанная энергія, которою обладаетъ вода вслѣдствіе этого концентрированнаго паденія, идетъ на производство работы въ гидравлическомъ двигателѣ часто не непосредственно, а только послѣ предварительнаго обращенія въ свободную энергію движущейся воды; однако такимъ путемъ можно сообщить опредѣленной массѣ воды гораздо болѣею скорость сравнительно съ тою, которою обладаетъ такая-же масса воды при естественномъ теченіи рѣки. Въ этомъ послѣднемъ случаѣ вся связанная внѣшняя энергія, соотвѣтствующая паденію рѣки и тяжести воды, пре-

образовывается посредством сопротивлений трения во внутреннюю свободную энергію, именно въ теплоту. Теплота эта производитъ здѣсь только ничтожное, едва замѣтное повышение температуры, и о техническомъ пользованіи этимъ нагрѣваніемъ вообще, особенно же для производства работы, не можетъ быть и рѣчи. Если же вода отводится посредствомъ канала съ меньшимъ паденіемъ, то скорость ея въ этомъ каналѣ уменьшается, часто также сокращается длина протекаемаго пути, затѣмъ всегда бываютъ меньше неровности, неправильности и величина стѣнокъ канала въ сравненіи съ русломъ рѣки, а благодаря всему этому будутъ меньше и сопротивленія тренія. Теперь соотвѣтствующая часть внѣшней энергіи, обращавшаяся прежде въ теплоту, получается сконцентрированной въ одномъ пунктѣ, въ видѣ связанной энергіи, и ею можно располагать для техническихъ цѣлей.

Атмосферный воздухъ хотя и обладаетъ, въ видѣ *вѣтра*, очень значительною свободною энергіей, но воспользоваться ею можно только въ малой сравнительно степени. Потому именно, что она еще болѣе, чѣмъ свободная энергія воды, текущей въ рѣчныхъ руслахъ, распределена въ слишкомъ обширной массѣ и не можетъ концентрироваться достаточно просто. Вдобавокъ, техническая пригодность этого вида энергіи еще болѣе ограничивается вслѣдствіе значительной измѣнчивости силы вѣтра въ одномъ и томъ же пунктѣ. Теченіе рѣчныхъ водъ, по крайней мѣрѣ, не въ такой степени измѣнчиво, какъ сила вѣтра, и для воды измѣненія болѣе извѣстны, опредѣленны, связаны съ временами года, и ихъ, стало быть, можно заранѣе принять въ расчетъ; наконецъ, можно часто съ пользою (особенно въ прудахъ, образуемыхъ въ долинахъ помощью запрудъ) скоплять излишнюю массу рѣчныхъ водъ во время половодья, для возмѣщенія недостаи въ сухое время года.

Въ видѣ *химически связанной* энергіи употребляется для рабочихъ цѣлей по преимуществу. Для этого въ неразвитыхъ человѣческихъ обществахъ пользуются мускульною дѣятельностью людей и животныхъ, связанною съ химическими превращеніями, а въ обществахъ, стоящихъ въ настоящее время на высшихъ ступеняхъ развитія, достигаютъ этого при посредствѣ тепловыхъ движителей, т. е. машинъ, дающихъ возможность получать механическую работу въ технически пригодной формѣ путемъ превращенія изъ теплоты, т. е. изъ внутренней свободной энергіи. Теплота эта при сожиганіи растительныхъ или ископаемыхъ горючихъ веществъ получается посредствомъ превращенія изъ химически связанной энергіи ихъ. Въ

послѣднемъ случаѣ, представляющемъ для насъ наиболѣе интереса, конечное превращеніе химически связанной энергіи въ механическую работу является по большей части сложнымъ, далеко не прямымъ процессомъ, сопровождаемымъ многими побочными обстоятельствами. Процессъ этотъ, особенно по отношенію къ паровой машинѣ, какъ важнѣйшему виду тепловыхъ двигателей, слишкомъ извѣстенъ, и входить здѣсь въ подробности касательно его нѣтъ надобности. Упомяну только, что даже нашими лучшими паровыми машинами, какъ то хорошо извѣстно, извлекается въ видѣ полезной работы не болѣе 5—10% энергіи, заключающейся въ топливѣ; весь же сравнительно большой остатокъ теряется не только для технического производства работы, но по большей части и вообще для хозяйственныхъ человѣческихъ цѣлей, такъ какъ въ видѣ только исключенія представляются иногда случаи воспользоваться еще хотя частью ея въ качествѣ теплоты или какъ нибудь иначе.

Это пользованіе химически связанной энергіей нашихъ топливъ, съ полезнымъ дѣйствіемъ отъ 5 до 10%, сравнительно вовсе не такъ неблагопріятно, потому что энергіей цѣлой рѣки пользуются часто еще въ меньшей мѣрѣ, а энергіей движущагося воздуха только въ совершенно ничтожной степени. Въ хозяйственномъ отношеніи для отдѣльнаго предпринимателя это пользованіе выходитъ неблагопріятнѣе уже потому, что онъ долженъ пріобрѣтать топливо соразмѣрно со всѣмъ запасомъ въ немъ работы, т. е. съ теплопроизводительностью, обуславливающей рыночную цѣну его, а энергія рѣки пріобрѣтается только частью, на извѣстномъ протяженіи, сообразно съ паденіемъ, подлежащимъ пользованію; энергію же движущагося воздуха вообще и вовсе не приходится оплачивать. Особенно-же неблагопріятнымъ, и именно для всего человѣческаго общества, разсматриваемое обстоятельство является потому, что ископаемая горючія вещества, употребляемая по преимуществу для тепловыхъ двигателей, представляютъ запасъ энергіи, происходящій изъ прежнихъ геологическихъ періодовъ, отъ отжившихъ растений, и трата этого запаса не можетъ уже возмѣщаться. Всѣ-же остальные изъ названныхъ видовъ энергіи, употребляемой въ технику, напротивъ постоянно возобновляются; они представляютъ только доли той наличности, которою въ данное мгновеніе обладаетъ земля изъ рабочаго капитала вселенной; наличность эта хотя и уменьшается постоянно отъ лучеиспусканія теплоты земли въ болѣе холодное міровое пространство, но зато она постоянно увеличивается лучеиспусканіемъ отъ солнца, и такимъ образомъ поддерживается на высотѣ, вообще

мало только изменяющейся; дѣло будетъ идти такъ, пока само солнце, какъ источникъ свѣтовыхъ и тепловыхъ лучей, какъ источникъ, откуда струится космическая энергія, не начнетъ замѣтно изсякать.

Какимъ образомъ солнце доставляетъ намъ упомянутое возмѣщеніе энергіи, технически потребляемой нашими двигателями (за исключеніемъ тѣхъ, которыя приводятся въ дѣйствіе помощью сжиганія ископаемыхъ горючихъ веществъ),—это представляетъ интересъ, какъ примѣръ соответствующихъ превращеній, постоянно совершающихся въ природѣ. Въ то время какъ тепловые лучи солнца обращаются въ пары земную воду, особенно на обширныхъ морскихъ поверхностяхъ, свободная энергія, доставленная намъ солнцемъ въ видѣ колебаній эфира, преобразовывается по большей части въ физически связанную. Затѣмъ водяные пары, вопреки тяжести, поднимаются въ высшіе слои атмосферы, причемъ внутренняя энергія переходитъ отчасти во внѣшнюю связанную. Вмѣстѣ съ этимъ происходитъ расширеніе, охлажденіе и наконецъ отчасти также осажденіе, именно образованіе облаковъ; процессъ этотъ ускоряется и усиливается, благодаря смѣшенію съ болѣе холодными массами воздуха. Когда облака достигаютъ такой плотности, что не могутъ уже болѣе держаться на воздухѣ, и падаютъ снова на землю въ видѣ дождя или снѣга, то при этомъ большая часть ихъ внѣшней связанной энергіи, обращаясь сперва во внѣшнюю свободную энергію, переходитъ затѣмъ въ теплоту. Переходъ этотъ происходитъ при посредствѣ работъ, съ одной стороны совершаемыхъ силою тяжести и частичными силами, а съ другой стороны поглощаемыхъ сопротивленіями движенію; упомянутая-же теплота проявляется нагрѣваніемъ отчасти падающаго дождя, отчасти проходимаго воздуха. Дождь падаетъ частью на материкъ, т. е. на такія мѣста земной поверхности, которыя лежатъ выше уровня моря, и потому въ водѣ остается еще извѣстный запасъ работы; запасъ этотъ хотя и малъ сравнительно съ бывшимъ въ облакахъ, но относительно человѣческихъ потребностей еще очень великъ. Этотъ запасъ, разумѣется, тогда только дѣлается технически пригоднымъ, когда упомянутая вода, уходящая отчасти подъ землю и появляющаяся затѣмъ въ видѣ родниковъ, собирается въ ручьи и рѣки, пока не возвратится окончательно въ море. Насколько солнечная теплота служитъ источникомъ вѣтра и вмѣстѣ съ тѣмъ его энергіи, которою отчасти пользуются съ помощью соответствующихъ машинъ-двигателей, можно вообще судить потому, что отъ нагрѣванія воздухъ становится рѣже и легче,

и долженъ слѣдовательно подниматься въ средѣ окружающаго болѣе плотнаго воздуха. Этотъ послѣдній со своей стороны течетъ тогда внизъ къ мѣсту нагрѣванія, а поднявшійся воздухъ наверху растекается въ стороны. Это нарушеніе равновѣсія атмосферы, вслѣдствіе относительнаго движенія земли и солнца, повторяется послѣдовательно въ другихъ мѣстахъ земной поверхности. Что касается силы и направленія теченій воздуха, происходящихъ такимъ образомъ, то они испытываютъ на себѣ вліяніе множества различныхъ обстоятельствъ, какъ, напр., то, что пункты земной поверхности, лежащіе подъ различными широтами, обладаютъ, соотвѣтственно вращенію земли около ея оси, разными скоростями; затѣмъ на теченія воздуха имѣютъ вліяніе очертанія материковъ, въ особенности же значительная энергія, заключающаяся въ водяныхъ парахъ атмосферы и, какъ было уже упомянуто, происходящая также отъ солнца.—Наконецъ, въ какой зависимости отъ свѣта и теплоты находится также вся растительная и животная жизнь на землѣ, можно видѣть, сводя ее опять главнымъ образомъ къ переходамъ различныхъ видовъ энергіи другъ въ друга, и исходя изъ той именно, которая въ видѣ свободной энергіи заключается въ колебаніяхъ эфира, характеризующихъ солнечное лучеиспусканіе. Эта энергія даетъ работу, затрачиваемую на разложеніе углекислоты, содержащейся въ воздухѣ; освобождающійся углеродъ можетъ тогда усваиваться растеніями. Энергія приэтомъ превращается въ химически связанную, и эта послѣдняя снова освобождается въ видѣ теплоты, когда растеніе сгараетъ, оставляя углекислоту. Принятая пища испытываетъ въ животномъ тѣлѣ также родъ горѣнія, только горѣніе это медленнѣе и не такъ непосредственно, кромѣ того идетъ оно по большей части не до простѣйшихъ окончательныхъ продуктовъ. Точно также химическія реакціи составныхъ частей тѣла, характеризующія животную жизнь, освобождаютъ связанную энергію, принятую въ пищу, не только въ видѣ теплоты, но при посредствѣ мускульной дѣятельности также въ видѣ работы для передвиженія собственнаго тѣла и для другихъ механическихъ цѣлей. Такимъ образомъ и химически связанную энергію въ растеніяхъ и животныхъ можно разсматривать какъ концентрированную солнечную энергію, доставляемую намъ въ видѣ колебаній эфира. Въ этой концентрированной формѣ энергія становится пригодною для механическихъ цѣлей человѣка, и будетъ получаться все въ новыхъ и новыхъ особяхъ организмовъ, виды которыхъ все размножаются, безпрестанно развиваясь. Это будетъ продолжаться до тѣхъ поръ, пока

солнце будетъ доставлять энергію въ достаточномъ количествѣ.— Въ *ископаемыхъ горючихъ* веществахъ, особенно въ каменномъ углѣ, у насъ, напротивъ, имѣется внутри земли запасъ химически связанной энергіи, происходящей изъ минувшей эпохи исторіи земли. Тогда болѣе роскошное развитіе флоры, благодаря болѣе значительной собственной теплотѣ земли, не было еще въ равновѣсіи съ нуждами потребленія фауны, и вмѣстѣ съ тѣмъ геологическія и метеорологическія условія земли давали возможность избытку растительности сохраняться въ отложеніяхъ, ставшихъ наконецъ каменноугольными пластами. Убыль этого запаса не можетъ пополняться, такъ какъ условія, при которыхъ онъ могъ образоваться, прошли навсегда.

Еслибъ люди смотрѣли на себя, какъ на общество съ безпредѣльнымъ существованіемъ и съ общими интересами, или еслибъ даже только отдѣльные народы ставили себѣ существеннымъ условіемъ интересъ послѣдующихъ поколѣній, тогда, разумѣется, отношеніе къ дѣлу было бы иное. Тогда необходимо было бы признать за экономическій законъ, что тратитъ энергію, накопленную въ каменноугольныхъ пластахъ земли, какъ сокровище, неспособное къ росту, позволительно только въ случаѣ крайности или въ такой мѣрѣ, въ какой текущая природная энергія, находящаяся передъ нашими глазами въ постоянномъ обмѣнѣ, при современномъ состояніи нашихъ знаній и средствъ недостаточна для покрытія механическихъ потребностей. При пользованіи этою текущею энергіей, въ противоположность запасу, заключающемуся въ каменноугольныхъ залежахъ, намъ въ извѣстной степени пришлось бы потреблять только проценты, и при развивающемся знаніи природы и успѣхахъ техники, въ связи съ надлежащими экономическими мѣрами, слѣдовало бы этотъ процентный приростъ довести по возможности до равновѣсія съ человѣческимъ потребленіемъ. Въ дѣйствительности же, съ тѣхъ поръ какъ паровая машина все болѣе и болѣе завоевывала себѣ, какъ промышленный движитель, первенствующее мѣсто, техническо-экономическія условія народовъ развивались въ совершенно противоположномъ направленіи. По отношенію къ исполнскій общей силѣ паровыхъ машинъ, находящихся въ настоящее время въ дѣйствиіи на землѣ, съ самодовольствіемъ и гордостью указывалось на то, „какъ люди умѣютъ теперь владычествовать надъ природой и принуждать ее все щедрѣе и щедрѣе раздавать свои дары“; но, признавая вполнѣ техническо-научные успѣхи, съ болѣе широкой точки зрѣнія придется однако это сужденіе въ хозяйственномъ отношеніи значительно ограничить. Въ самомъ дѣлѣ, мы были-

бы гораздо болѣе вправѣ хвастаться владычествомъ надъ природой, еслибъ мы вынуждали ее въ формахъ, соотвѣтствующихъ нашимъ цѣлямъ, дѣлать все болѣе доступными намъ не безвозвратно исчезающіе, а преимущественно тѣ дары ея, которые постоянно возобновляются.

Нѣтъ сомнѣнія, что каменный уголь, какъ запасъ энергіи, разрабатываемый по преимуществу, не раньше утратитъ свое господство, пока не принудитъ къ тому необходимость или пока не побудитъ расчетъ на мгновенную, но, по крайней мѣрѣ, скоро предвидимую выгоду. Тѣмъ не менѣе, изложенныя выше соображенія, вмѣстѣ съ возрастающимъ стремленіемъ къ болѣе экономичному расходу угля, приводятъ къ тому, чтобы при случаѣ усиливать, насколько возможно, пользованіе другими, непрерывно текущими источниками энергіи и усовершенствовать его на столько, чтобы со временемъ возрастающая постоянно потребность въ промышленной механической работѣ удовлетворялась преимущественно такимъ путемъ.

Но съ тѣхъ поръ, какъ благодаря размноженію и усовершенствованію машинъ, дѣйствующихъ вообще съ помощью элементарныхъ, стихійныхъ силъ, стало возможнымъ цѣнить человѣка все болѣе и болѣе по его *умственнымъ* способностямъ, не можетъ быть, разумѣется, и рѣчи о томъ, чтобы когда-нибудь опять въ болѣе значительной степени рассчитывать на мускульную человѣческую силу. Точно также мало можно рассчитывать въ болѣе широкихъ размѣрахъ пользоваться мускульною силой животныхъ или энергіей дерева, потому что возрастающая плотность населенія требуетъ развитія почвенной культуры, въ виду потребностей питанія. Точно также я указывалъ уже выше, съ какими значительными ограниченіями соединено пользованіе вѣтромъ, и по существу дѣла всегда будетъ съ ними связано, а потому, относительно будущности промышленнаго производства работы, на этотъ источникъ можно указать только между прочимъ. Изъ различныхъ видовъ, въ которыхъ энергія, предоставляемая въ наше распоряженіе природой, находитъ теперь техническое примѣненіе, остается только виѣшняя энергія воды, какъ та, пользованіе которою можетъ, повидимому, быть усилено почти до полной замѣны работы паровыхъ машинъ.

Значительныя потери воды и соотвѣтствующей энергіи вызываются особенно тѣмъ, что въ естественныхъ потокахъ вода по временамъ поднимается, и большія массы ея не только стекаютъ безъ пользы, но часто производятъ еще опустошенія на своемъ пути. Здѣсь, какъ и вообще для достиженія равномѣрнаго расхода какой-

нибудь вещи при неравнобѣрномъ ея приходѣ, прибѣгаютъ къ *аккумуляціи*, или накапливанію, и это средство, употребительное въ очень различныхъ видахъ, состоитъ здѣсь прежде всего въ устройствѣ сборныхъ прудовъ посредствомъ возведенія запрудъ; устройства эти могутъ еще и должны размножаться. Затѣмъ существуетъ много мѣстъ, гдѣ болѣе значительные водяные потоки, сконцентрированные въ быстрины или водопады, обладаютъ громадными количествами энергіи, и пользованіе ими далеко превысило бы потребность отдѣльнаго промышленнаго предпринимателя. Тутъ умѣстны болѣе значительныя общія устройства двигателей въ связи съ надлежащими передачами для переноса получаемой механической работы на болѣе далекія разстоянія и для распредѣленія между отдѣльными заводами и другими потребителями. Хотя и есть нѣсколько примѣровъ подобныхъ устройствъ, но они однако способны къ гораздо болѣе широкому распространенію. Наконецъ, у насъ имѣется еще въ распоряженіи очень значительная, доселѣ еще едва употреблявшаяся въ дѣло энергія на морскихъ побережьяхъ, именно энергія прилива и отлива. Эта энергія исходитъ также отчасти отъ солнца, но болѣею частью отъ луны (отъ энергіи, соотвѣтствующей относительнымъ положеніямъ и взаимнымъ притягательнымъ силамъ земли, луны и солнца). Энергію эту можно отчасти разсматривать, какъ свободную энергію приливной волны, оббѣгающей кругомъ землю, отчасти же и преимущественно какъ связанную энергію морской воды, періодически поднимающейся и опускающейся въ известномъ пунктѣ побережья. Запасъ работы, о которомъ здѣсь идетъ рѣчь, очень значителенъ; но, принимая во вниманіе перемежающееся дѣйствіе, а также то, что положеніе пригодныхъ пунктовъ на побережьѣ, по болѣею части, будетъ неблагопріятно для потребленія приобрѣтенной механической работы, можно думать, что пользоваться этимъ почти еще нетронутымъ источникомъ энергіи будетъ во всякомъ случаѣ возможно только при соотвѣтствующей аккумуляціи и при переносѣ энергіи на значительныя разстоянія.

Нѣтъ ничего удивительнаго, что мысль о такомъ техническомъ пользованіи отливомъ и приливомъ обратила на себя серьезное вниманіе особенно въ Англіи, въ странѣ, гдѣ съ одной стороны разработка каменноугольныхъ залежей ушла всего далѣе, а съ другой стороны относительно пользованія отливомъ и приливомъ обстоятельства тамъ сравнительно особенно благопріятны. Тамъ происходятъ большія колебанія морскаго уровня во многихъ мѣстахъ растянутого побережья, причѣмъ эти мѣста не слишкомъ далеко отстоятъ

отъ большого числа пунктовъ потребленія механической работы внутри страны. Изъ недавняго времени у меня въ рукахъ имѣется отчетъ о засѣданіи Society of Engineers 1 мая 1882 года; засѣданіе это, вслѣдъ за сообщеніемъ *Mr. Oates'a*, было цѣликомъ посвящено разсматриваемому вопросу. Хотя отношеніе къ мыслямъ, изложеннымъ въ сообщеніи, было вообще несочувственное, скорѣе преобладали несогласіе и сомнѣніе, однако едва-ли можно сомнѣваться, что вопросъ будетъ разрабатываться практически далѣе и не сойдетъ уже съ очереди. Способъ, какимъ думаютъ овладѣвать энергіей и пользоваться ею, въ немногихъ чертахъ таковъ.

Предположимъ, имѣется бухта съ достаточно узкимъ входомъ, чтобы ее можно было отдѣлить отъ моря молемъ, длина котораго немного больше, чѣмъ то требуется для расположенія надлежащихъ машинъ. Этотъ моль, съ достаточно прочнымъ основаніемъ, можно съ удобствомъ устроить изъ желѣза; нижнюю часть, но во всякомъ случаѣ не до высоты низшаго уровня воды, заполнить бетономъ, а выше оставить пустоты; лучше, если это будутъ камеры, герметически обособленныя другъ отъ друга, тогда при поврежденіяхъ вода будетъ проникать въ отдѣльныя изъ этихъ камеръ. При выборѣ гидравлическихъ движителей слѣдуетъ имѣть въ виду, чтобы они могли дѣйствовать въ томъ и другомъ направленіи, какъ при теченіи воды извнѣ внутрь бухты, такъ и при обратномъ ея движеніи. Вода, протекая черезъ моль, приводитъ въ движеніе машины, расположенныя внутри его. Машины эти должны быть какъ можно проще, даже въ ущербъ полезному ихъ дѣйствию; этимъ условіямъ отвѣчаютъ особенно колوراتныя машины, вообще такія, гдѣ нѣтъ золотниковъ, клапановъ и подобныхъ распредѣлительныхъ органовъ. Эти машины въ большомъ числѣ располагаются почти на высотѣ самага низкаго уровня или немного ниже внутри мола, вдоль его длины.

Когда вода снаружи поднимается, то при ея приближеніи къ высшему уровню, ей позволяютъ протекать черезъ моль въ бухту и такимъ образомъ приводитъ въ дѣйствіе движители, пока разность наружнаго и внутренняго уровней не уменьшится на извѣстную величину. Когда вода снаружи падаетъ и приближается къ низшему своему уровню, то вода, проникшая раньше въ бухту, протекаетъ назадъ черезъ моль тѣмъ-же путемъ и приводитъ движители въ дѣйствіе въ обратномъ направленіи. Механическая работа, получаемая отдѣльными движителями, собирается на одномъ или на нѣсколькихъ горизонтальныхъ главныхъ валахъ, лежащихъ надъ молемъ вдоль его длины. Каждые шесть часовъ движители будутъ въ

дѣйствіи только втеченіи 1—2 часовъ, съ длинными промежутками въ 4—5 часовъ. А потому для непрерывнаго потребленія приобрѣтаемой механической работы необходимо каждый разъ скоплять большую ея часть, напр., накачивая воду насосами, получающими движеніе отъ главнаго вала, въ гидравлическіе аккумуляторы, если дѣло идетъ о гидравлической передачѣ механической энергіи на не очень большія разстоянія, или-же превращая съ помощью динамомашинъ въ электричество. Въ послѣднемъ случаѣ энергію можно въ видѣ электрическаго тока передать на болѣе значительныя разстоянія и употребить ее для заряженія электрохимическихъ аккумуляторовъ. Машины, необходимыя для этого, могутъ отчасти также найти мѣсто въ верхней части упомянутаго мола.

Такимъ образомъ, будущее неминуемо заставитъ стремиться пользоваться все болѣе и болѣе энергіей воды, и успѣхи въ этомъ направленіи тѣсно связаны съ успѣхами въ изготовленіи соотвѣствующихъ аккумуляторовъ и въ выгодной передачѣ механической работы, или энергіи на большія разстоянія. Дѣло, стало быть, будетъ зависѣть отъ успѣха тѣхъ стремленій, которыя дѣйствительно находятъ въ послѣднее время живое участіе, особенно-же съ тѣхъ поръ, какъ электричество стало все болѣе и болѣе проникать въ область техники. Но будутъ необходимы не только техническіе, но и промышленно-хозяйственные успѣхи и преобразованія, чтобы можно было вообще въ большихъ размѣрахъ выполнять упомянутые способы болѣе полнаго пользованія энергіей. Такъ какъ это болшею частью будетъ значительно превосходить потребность въ работѣ и средства отдѣльнаго промышленнаго предпринимателя, то дѣло будетъ все болѣе и болѣе клониться къ тому, что отдѣльнымъ потребителямъ работы не будетъ надобности самимъ добывать энергію, а *добываніе энергіи сдѣлается скорѣе особеннымъ промышленнымъ предпріятіемъ*. Для него потребляемая энергія, какъ таковая, т. е. помимо того, какое она находитъ техническое примѣненіе, будетъ составлять предметъ производства. Потребителямъ она, соотвѣтственно общему теперь направленію промышленнаго развитія, продается какъ товаръ по количеству. И подобно тому, какъ въ городахъ уже теперь вошло въ обычай доставлять отдѣльнымъ потребителямъ свѣтъ и воду, съ помощью сѣти проводниковъ изъ одного пункта добыванія, такъ-же, безъ сомнѣнія, въ не очень далекомъ будущемъ войдетъ въ обычай и доставка теплоты.

