

УДК 621.979.06

В.А. Настасенко, канд. техн. наук, проф.Херсонская государственная морская академия, Украина
Тел./Факс: +38 (050) 8079199; E-mail: Nastasenko2004@front.ru

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МАШИНА С МЫШЕЧНЫМ ПРИВОДОМ

Работа относится к области малых автономных энергетических машин и тренажеров. Проведен анализ известных энергетических машин с мышечным приводом и тренажеров, показаны их достоинства и недостатки и предложены новые комбинированные конструкции, устраняющие найденные недостатки. Показана предпочтительная сфера их применения – в тренажерных залах и в домашних условиях на садовых участках при отсутствии на них электрической энергии. Совокупность приведенных данных и разработанная технология изготовления предлагаемых машин позволяет организовать их промышленное производство и рекомендовать к широкому применению.

Ключевые слова: тренажеры и энергетические машины с мышечным приводом.

Введение

Работа имеет изобретательский уровень и относится к сфере удовлетворения жизненных потребностей человека, в частности – к индивидуальным средствам для выработки электрического тока и спортивным тренажерам.

В настоящее время во всех ведущих странах мира большое внимание уделяется экономии потребления электрической энергии населением. Решение данной проблемы возможно для домовладельцев путем приобретения и установки на домах и на прилегающих к ним земельных участках весьма дорогих солнечных и ветровых электроэнергетических систем. Однако для большинства населения, проживающих индивидуально в квартирах многоэтажных домов, такое решение невозможно за счет отсутствия необходимых для этого площадей и технических условий, а в ряде случаев – личных денежных средств.

Поэтому необходима разработка других видов недорогих компактных и доступных широким слоям городского и сельского населения электроэнергетических машин индивидуального пользования, что выполнено в данной работе.

Анализ состояния проблемы и возможных путей ее решения

В настоящее время известны велотренажеры и созданные на их базе электроэнергетические машины индивидуального и коллективного пользования, состоящие из велосипеда, колесо которого вращает электрогенератор от педального привода, приводимого в движение человеком. Недостатком данной системы является малая мощность, поскольку в работе участвуют только ноги человека, а 80% его веса распределено на сиденье.

Известно также устройство для тренировки гребцов – тренажер, содержащий смонтированную на колесах раму, неподвижно закрепленные к ней стойки, на которые подвижно установлена спинка поясничного упора, подвижное сиденье, подвижные упоры для рук с рукоятками для ног, а рукоятки упоров для рук установлены на концах стоек, жестко закрепленных к тележке, перемещающейся по направляющим, расположенным под направляющими для подвижного упора для ног [1].

© Настасенко В.А.; 2014

Недостатком данной конструкции тренажера является отсутствие возможности преобразования энергии движимого человеком сиденья в электрическую энергию.

Целью данной работы является устранение указанных недостатков путем выполнения электроэнергетической машины с мышечным приводом, Ее научную новизну составляет технико-экономическая разработка высокоэффективных машин, применяемых в экстремальных условиях, связанных с отключением или отсутствием электрического тока. Практическая значимость работы заключается в простоте их промышленного и индивидуального изготовления и использования, что существенно снижает их стоимость по сравнению с другими электроэнергетическими системами. Дополнительный эффект данной машины заключается в использовании ее, как тренажера для ног, рук, плечевого пояса и пресса человека.

Технико-экономическая разработка проекта

Основные конструкции предлагаемых электроэнергетических машин [2] с мышечным приводом и варианты их исполнений показаны на рисунках 1 и 2.

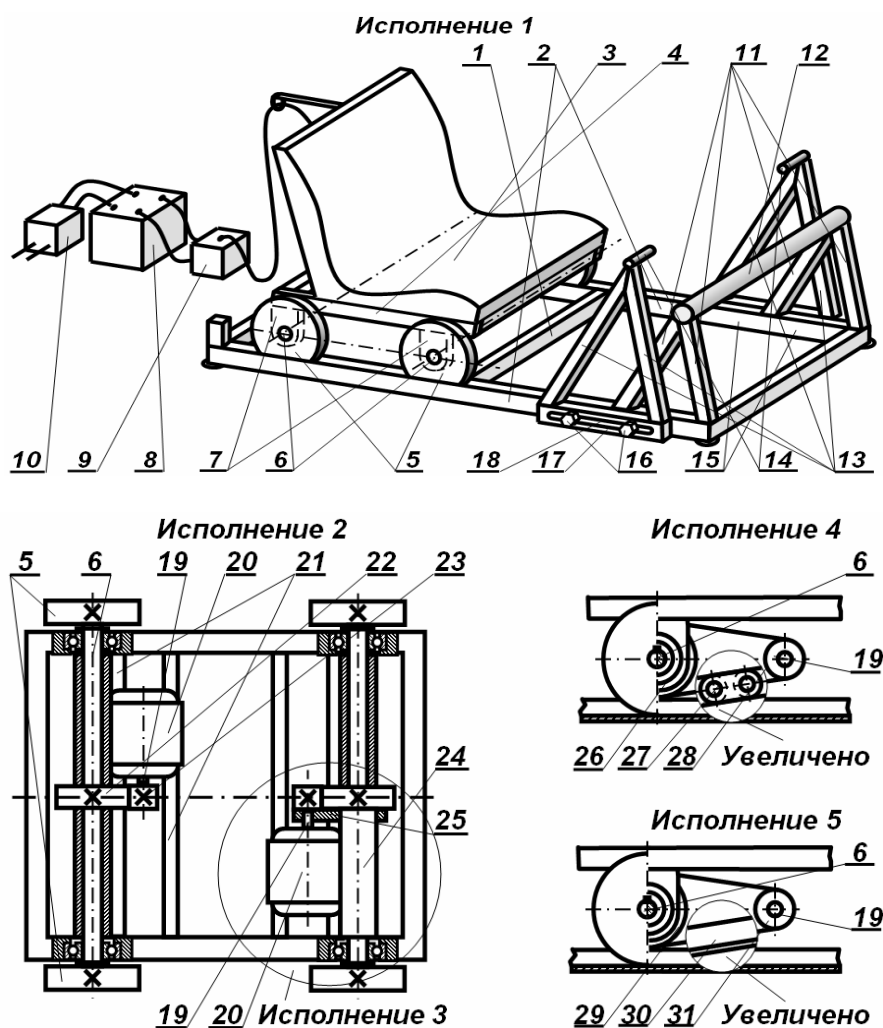


Рис. 1. Базовая схема мышечной электроэнергетической машины-тренажера и варианты его исполнения с зубчатым (исполнение 2 и 3) цепным (исполнение 4) и клиноременным (исполнение 5) передаточными механизмами

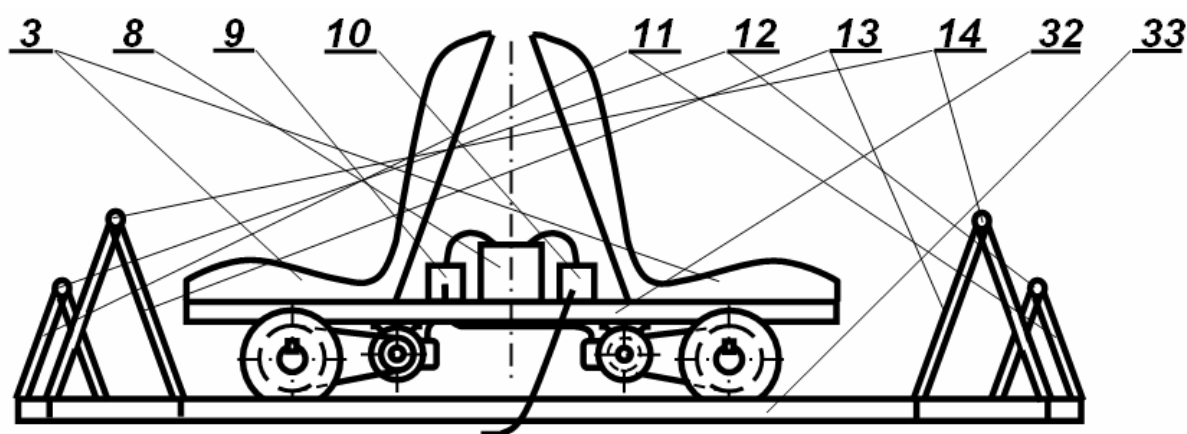


Рис. 2. Усовершенствованная схема мышечной электроэнергетической машины-тренажера

В исполнении 1 показана электроэнергетическая машина, содержащая горизонтальную раму 1 с параллельно спаренными полозьями 2, на которой подвижно установлено пассажирское сиденье 3, закрепленное на остова 4 с парами опорных колес 5, закрепленных на осях 6, введенных с возможностью свободного вращения в отверстия опор 7 с подшипниками. Опорные колеса имеют возможность свободного вращения в полозьях рамы при возвратно-поступательном движении остова с пассажирским сиденьем, а оси этих колес кинематически связаны с валами роторов генераторов электрического тока, статоры которых закреплены на поперечинах остова пассажирского сиденья.

Для накопления выработанного электрогенераторами электрического тока использованы аккумуляторы 8 и/или конденсаторы с устройством 9 для его разделения и выпрямления, имеющие возможность разрядки импульсами синусоидальной формы в заданном режиме частот, созданном инверторами 10 или другими электронными приборами.

Машина снабжена стойками 11, на которых закреплена поперечина 12, служащая упором для толкания кресла ногами пассажира, а для увеличения энергетического потенциала машины и удобства возврата пассажирского сиденья в исходное положение, на полозьях 2 установлены дополнительные стойки 13 с рукоятками 14, служащими опорами для толкания и подтягивания сиденья руками пассажира, а для улучшения условий работы пассажиров с различными антропологическими параметрами, дополнительные стойки 13 установлены с возможностью их смещения вдоль полозьев рамы и крепления винтами 15 и гайками 16, для чего у основания стоек выполнена переключательная 17 с прорезью 18.

Принцип работы предлагаемой машины отличается от предыдущего вводом дополнительных стоек 13 с рукоятками 14 для толкания и/или подтягивания сиденья руками пассажира, что не только увеличивает ее энергетический потенциал при прямом ходе сиденья с пассажиром, но и улучшает условия их возврата в исходное положение при обратном ходе.

В исполнении 2 кинематическая связь оси 6 опорных колес 5 и вала 19 ротора генератора 20, закрепленного на поперечинах 21, создана зубчатой передачей, которая имеет закрепленное на оси 6 ведущее зубчатое колесо 22, введенное в зацепление с закрепленной на валу ротора ведомой шестерней 23.

В исполнении 3, для фиксации межосевого расстояния между осью 24 опорных колес и валом 19 ротора электрогенератора 20, они введены с возможностью свободно-го вращения в отверстия соединительной планки 24.

Для повышения частоты вращения вала 11 ротора электрогенератора, между ведущим зубчатым колесом 22 и ведомой шестерней 23, может быть установлен введенный с ними в зацепление блок спаренных зубчатых колес, или использован заменяющий их мультипликатор.

В исполнении 4 кинематическая связь оси опорных колес и вала ротора генератора электрического тока создана цепной передачей, которая имеет закрепленную на оси 6 ведущую звездочку 26, введенную адекватной ей цепью 27 в зацепление с ведомой звездочкой 28, закрепленной на валу 19 ротора. Для облегчения работы пассажира при обратном ходе сиденья на этапе подтягивания его руками, звездочка может быть связана с обгонной муфтой, размыкающей ее связь с валом ротора и замыкающей при прямом ходе сиденья на этапе толкания его ногами. Цепи могут быть втулочно-роликовыми, зубчатыми пластинчатыми и др.

В исполнении 5 кинематическая связь оси 6 опорных колес и вала 19 ротора генератора электрического тока создана клиноременной или зубчатой ременной передачей, которая имеет закрепленный на оси 6 ведущий шкив 29, введенный в зацепление клиновым ремнем 30 с ведомым шкивом 31, закрепленным на валу 19 ротора.

Для цепных и ременных передач возможен менее точный монтаж, чем для зубчатых передач, что является их существенным преимуществом.

Принцип работы машины заключается в следующем. За счет веса P пассажира с сиденьем 3, его остовом 4, четырьмя опорными колесами 5, двумя осями 6, двумя генераторами электрического тока 20, двумя ведущими зубчатыми колесами 22 и введенными с ними в зацепление двумя ведомыми шестернями 23 и соединительными планками 25, их перемещение ногами пассажира на расстояние l создает работу, которая преобразуется в энергию вращения роторов 19, а ей противодействует энергия электромагнитного поля, создаваемого катушками статоров электрических генераторов 20, что ведет к выработке электрического тока, который далее преобразуется электронными устройствами 9 и накапливается в аккумуляторах 8 или в конденсаторах, с синхронизацией его на выходе инверторами 10 по частоте, амплитуде и другим параметрам. Силы трения качения осей 6 в подшипниках ведут к минимальным потерям работы движения сиденья с пассажиром, поэтому она на 98...97% переходит в полезную работу вращения ротора генератора. Ввод в зацепление промежуточных блоков сдвоенных зубчатых колес или мультипликатора увеличивает частоту оборотов ротора электрогенератора, что также повышает эффективность его работы.

Аналогична работа машины при замене зубчатых передач цепными, клиноременными, зубчатыми ременными и другими подобными передачами.

Принцип работы при применении обгонных муфт, отличается тем, что на этапе подтягивания пассажирского сиденья руками, они автоматически выводят из зацепления, ведомые шестерни, или звездочки, или шкивы для клиновой и зубчатой ременных передач, что облегчает условия его работы.

Возможно также облегчение условий работы пассажира на этапе его подтягивания руками, путем автоматического отключения питания катушек для возбуждения магнитного поля при этом направлении движения сиденья, вращения оси опорных колес и кинематически связанных с нею роторов электрогенераторов, и автоматического их включения при противоположном направлении движения сиденья и вращения оси опорных колес.

На рис. 2 показан новый вариант электроэнергетической машины с мышечным приводом, в которой для увеличения ее энергетического потенциала, сидения 3 на остовах 32 установлены попарно, спинками друг к другу, а на раме 33 дополнительно установлены стойки 11 с поперечинами 12 для ног и стойки 13 с рукоятками 14 для рук пассажира. Аккумуляторы 8, выпрямители 9 и инверторы 10 могут быть размещены на остовах 32, или вынесены за него. Разработаны также устройства, исключающие реверс ротора электрогенератора при прямом и обратном ходе сидений и вращении опорных колес с их осями, что повышает КПД электрической системы за счет исключения изменения направления движения электрического тока. В этом исполнении энергетический потенциал машины увеличивается не только за счет парной установки пассажирских сидений 3 спинками друг к другу и увеличения веса системы, но и за счет исключения ее обратного холостого хода (оба пассажира на этапах обратного хода сиденья по очереди отдыхают), что более, чем в 2 раза повышает показатели мощности системы. Увеличение веса системы незначительно увеличит силы трения качения в подшипниках, поэтому работа механического движения уменьшится лишь на 2...3%, а общий КПД системы будет близким к КПД электрогенератора.

Для регулировки мощности электрогенератора в зависимости от физических возможностей пассажира, во всех этих вариантах исполнения предлагаемой машины, катушки для возбуждения магнитного поля могут быть выполнены в парном количестве, с возможностью их подключения в комбинациях по 2, или по 3, или по 4, или по 6, или по 8, или по 12, или по 16, или по 24, и т.д., и их включением по выбору пассажира.

Основные технико-экономические показатели проекта

Пример достигаемых энергетических возможностей предлагаемой машины рассмотрен для двух вариантов, показанных рис. 1 и 2.

При одном кресле с пассажиром, их общая масса m в среднем составит 100 кг, а прямой ход l при отталкивании ногами составит 0,5 м. Тогда работа A составит:

$$A = g \cdot m \cdot l = 9,8 \cdot 100 \cdot 0,5 = 490 \text{ (Дж)} \text{ или } 0,49 \text{ кДж.} \quad (1)$$

При КПД подшипников $\eta = 0,98$, энергетический потенциал составит:

$$E = \eta \cdot A = 0,98 \cdot 0,49 = 0,48 \text{ (кДж).} \quad (2)$$

При одном прямом движении сиденья за время $t = 1$ секунду и КПД преобразования в машине механической энергии в электрическую $\eta_s = 75\%$, ее теоретическая мощность N_m составит:

$$N_m = \eta_s E / t = 0,75 \cdot 0,48 / 1 = 0,36 \text{ (кВт).} \quad (3)$$

При холостом обратном ходе сиденья за счет размыкания зубчатого зацепления обгонными муфтами и выполнении одного холостого хода за такое же время $t_x = 1$ секунду, фактическая мощность N_ϕ составит величину:

$$N_\phi = N_m / (t + t_x) = 0,36 / (1 + 1) = 0,18 \text{ (кВт).} \quad (4)$$

Однако ограничителем мощности является физическая сила человека. При подъеме его одной ногой по лестнице на 1 ступеньку ($n = 1$) высотой $h = 0,15$ м за время $t = 1$ с и его массе $m = 80$ кг, он развивает мощность N_q :

$$N_q = g m n h / t = 9,81 \cdot 80 \cdot 1 \cdot 0,15 / 1 = 118 \text{ (Вт)}, \text{ или } 0,118 \text{ кВт.} \quad (5)$$

Таким образом, при работе пассажира сидя и двумя ногами, с учетом КПД системы $\eta = 75\%$, его реальная мощность N_p составит величину:

$$N_p = \eta 2 N_q = 0,75 \times 2 \times 0,118 = 0,177 \text{ (кВт).} \quad (6)$$

Эта величина мощности удовлетворяет фактической мощности N_ϕ системы, однако человек со средней физической подготовкой не сможет ее развивать длительное

время. Поэтому считаем, что через 20 с работы он 10 с будет отдыхать, что приведет к снижению мощности N_{cp} до $2/3$ от исходной:

$$N_{pч} = 2/3 \cdot N_p = 0,67 \times 0,177 = 0,12 \text{ (кВт)}. \quad (7)$$

Данной энергии достаточно для питания 10 экономичных лампочек по 12 Вт, заменяющих лампы накаливания мощностью 60 Вт, что решает проблему освещения при отключении электроэнергии одной комнаты двумя лампочками и накопления в аккумуляторах или конденсаторах до 90 Вт для питания других бытовых электроприборов в остальное время суток.

Полезная работа A_n за 1 час (или 3600 с) двойных движений сиденья в режиме 67%, составляет:

$$A_n = 0,12 \times 3600 \times 0,67 = 289 \text{ (кДж)}. \quad (8)$$

Обеспечивается выработка данной электроэнергии – энергией пищи. Работа $A_{н8}$ за время 4 часа в сутки (1/2 рабочей смены), составит величину:

$$A_{н8} = 4 \times A_n = 4 \times 289 \text{ (кДж)} = 1156 \text{ (кДж)}, \text{ или } 4,19 \times 1156 = 4844 \text{ кКал}. \quad (9)$$

Это удовлетворяет нормам питания работников физического труда средней тяжести, составляющим 5000...6000 кКал/сутки.

При работе двух пассажиров в двух креслах развернутых спинками друг к другу, холостой ход будет исключен, что при прочих условиях работы, равных предыдущим, удвоит время активной работы электрогенератора и доведет общую выработку электрической энергии до 0,24 кВт/ч, однако дополнительным эффектом является то, что оба пассажира меньше устают, поскольку меньше работают руками.

Частота вращения ротора электрогенератора будет зависеть от частоты n вращения опорных колес и от передаточного отношения между ведущим зубчатым колесом и шестерней вала генератора. При диаметре опорных колес 150 мм или 0,15 м и ходе сиденья 0,5 м, за 1 секунду частота составит:

$$n = 0,5 / (\pi \cdot 0,15 \cdot 1) = 1,06 \text{ (с}^{-1}\text{)}. \quad (10)$$

При 50 зубьях ведущего зубчатого колеса и 10 зубьях в шестерне вала ротора, частота n_p его вращения составит:

$$n_p = n \cdot 50 / 10 = 5 \text{ (с}^{-1}\text{)} \text{ или } 300 \text{ (мин}^{-1}\text{)}. \quad (11)$$

Применение блока сдвоенных зубчатых колес позволяет повысить ее до 1500 мин⁻¹, что приемлемо для эффективной работы электрогенератора.

При выработке от 0,12 до 0,24 кВт электроэнергии в час, стоимостью $C = 0,2$ у.е. по "зеленому" тарифу, суточный экономический эффект \mathcal{E}_c будет зависеть от количества часов работы машины, и при 4 часах составит:

$$\mathcal{E}_c = (0,12 \dots 0,24) \cdot 4 \cdot 0,2 \approx 0,1 \dots 0,2 \text{ у.е.} \quad (12)$$

При 250 днях работы или 1000 часах в год и стоимости предлагаемой электроэнергетической машины с инвертором и аккумулятором в 100 у.е., годовой экономический эффект составит 25...50 у.е., поэтому срок ее окупаемости составит от 4 до 2 лет. Мощность 0,12 кВт развивают 1 м² солнечных батарей, работающих только светлое время суток, в среднем 3000 часов в год и существенно зависящих от погодных условий, особенно в зимнее время, но их стоимость составляет ≈ 500 у.е, а массовое производство требует существенных инвестиций.

Однако более важным является эффект получения электрического тока при его отсутствии в момент отключений, а также на даче, на пикнике, в охотничьих домиках или в других отдаленных местах работы человека, экономический обсчет которого зависит от реальных конкретных условий.

Общие выводы по работе

1. Предлагаемые электроэнергетические машины значительно эффективнее всех известных в данное время электрогенераторов мышечного типа, в т.ч. велосипедных.
2. Побочным полезным эффектом от применения предлагаемых машин является возможность физического развития пассажира, а также возможность снижения его веса, что позволяет использовать машину, как тренажер.
3. Съёмное сиденье и разборная рама предлагаемых электроэнергетических машин обеспечат компактность их транспортировки и хранения.
4. Учитывая относительную простоту и невысокую стоимость предлагаемых машин имеется возможность развернуть их промышленное производство для дачного и квартирного исполнений.

Список литературы:

1. Патент на изобретение Российской Федерации № 2153909 МПК А63В69/06 Устройство для тренировки гребцов. Заявка № 99119678/12 от 10.09.1999. Автор изобретения. Луговой С.И.. //БИ № 18 от 10.08.2000.
2. Заявка на патент на изобретение Российской Федерации № 2014145292 от 18.11.2014. МПК А63В69/06 Электроэнергетическая машина с мышечным приводом и ее варианты Автор-заявитель Настасенко В.А.

Надійшла до редколегії 26.12.2014.

V.A. Nastasenکو

ELECTRO ENERGETIC MACHINE WITH MUSCLES DRIVE

Work behaves to the area of small autonomous power machines and trainers. The analysis of the known power machines with a muscles drive and trainers is conducted, their dignities and failings are rotined and the new combined constructions, removing these failings, are offered. The preferable sphere of their application is rotined - in trainer halls and in home terms on garden-plots in default of on them to electric energy. The aggregate of the conducted information and developed technology of making of the offered machines allows to organize their industrial production and recommend to the wideuse.

Keywords: trainers and power machines with a muscles drive.

В.О. Настасенко

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА МАШИНА З М'ЯЗОВИМ ПРИВОДОМ

Робота відноситься до області малих автономних енергетичних машин і тренажерів. Проведений аналіз відомих енергетичних машин з м'язовим приводом і тренажерів, показані їх переваги та недоліки і запропоновані нові комбіновані конструкції, що усувають знайдені недоліки. Дзана переважна сфера їх застосування - в тренажерних залах і в домашніх умовах на садових ділянках за відсутності на них електричної енергії. Сукупність проведених даних і розроблена технологія виготовлення пропонованих машин дозволяє організувати їх промислове виробництво і рекомендувати до широкого застосування.

Ключові слова: тренажери і енергетичні машини з м'язовим приводом.