

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВАНТОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В РАБОЧЕМ ПРОЦЕССЕ ПОРТА

ESTIMATION OF POSSIBILITY OF USING QUANTUM ENGINE VEHICLES IN THE WORKING PROCESS OF THE PORT

Возможность извлечения энергии из физического вакуума, открывающаяся с перспективой технического освоения этой полевой среды, изменит механику движения и характер использования транспортных средств (ТС) при установке на них квантовых двигателей (КвД). Целью исследования явилось формирование концепции и рабочей гипотезы использования транспортного средства с квантовой тягой в рабочем процессе порта. Использованы методы: разложение вектора тяги (траста) КвД на ортонормальные компоненты; использование обобщенного уравнения силового баланса ТС с КвД; определение характерных режимов ТС с КвД. Выполнены расчетные и графоаналитические исследования. Представлены результаты вычислений на конкретном примере переноса контейнера с судна-контейнеровоза на накопительную площадку терминала посредством ТС с КвД. Используемые в настоящее время машины (автомобили и ПТМ) могут быть заменены ТС с КвД, что позволит высвободить оперативные зоны действия традиционных ТС и ПТМ. Более того, несколько типов и ТС и ПТМ, используемых на терминалах и складах в последовательности технологических операций обработки конкретного груза, могут быть заменены одним универсальным ТС с КвД, осуществляющим непрерывное перемещение груза, без перегрузки с одного вида ТС на другой.

Ключевые слова: квантовый двигатель, квантовая тяга, транспортное средство с квантовым двигателем, силовой баланс, рабочий процесс порта.

The possibility of receiving energy from the physical vacuum, which becomes evident with the prospect of technical development of this field environment, is going to change the mechanics of movement and the nature of using vehicles if they are equipped with quantum engines (QE). The purpose of the study was formation of concept and working hypothesis for the use of vehicles with quantum thrust in the working process of the port. The following methods were used: decomposition of the thrust vector (thrust) of the QE into orthonormal components; using of the generalized equation of the force balance of the vehicle equipped with the QE; determination of the characteristic modes of the vehicle equipped with the QE. The author presents some design and graph-analytic study results, such as computation of the process of transporting a container from a container ship to the terminal storage area of the by means of a vehicle equipped with the QE. Currently used vehicles (cars and hoisting machines) can be replaced with vehicles equipped with the QE, which will allow unleashing the operational zones of traditional vehicles and hoisting machines (HM). Moreover, several types of vehicles and HM used at terminals and warehouses in the sequence of technological operations for processing a specific cargo can be replaced with a single universal vehicle equipped with the QE that performs continuous transporting of the cargo, without reloading the cargo from one type of vehicle to another.

Keywords: quantum engine, quantum thrust, vehicle equipped with quantum engine, force balance, working process of the port.

Введение

Автором в работах [1–8] освещались перспективы использования на автомобильном транспорте принципов бестопливной энергетики,

базирующейся на извлечении энергии из физического вакуума. Внимание уделялось вопросам внедрения квантовой тяги на автомобилях с по-

явлением нового вида транспортных средств — квантомобиля.

Рассмотрим перспективу использования квантовой тяги на этапах доставки и погрузки-разгрузки рабочего процесса порта и, более того, исследуем возможность создания единого средства непрерывного перемещения груза, охватывающего и горизонтальную доставку, и погрузку-разгрузку.

Возможность извлечения энергии из физического вакуума, открывающаяся с перспективой освоения положений теории суперобъединения [9–11], изменит механику движения и характер использования транспортных средств (ТС) при установке на них квантовых двигателей (КвД). КвД, в отличие от электродвигателей и ДВС, создает непосредственно тяговую силу (траст), которую можно приложить к корпусу технического средства: экипажа, машины [12–15]. Это способствует появлению квантовой погрузочно-разгрузочной транспортной техники, осуществляющей комплексно подъем над опорной поверхностью и горизонтальную транспортировку вывешенного над этой поверхностью груза.

Вывод вектора траста из горизонтального в наклонное положение обеспечит создание вертикальной составляющей тяговой силы, которую можно будет использовать для преодоления гравитации и отрыва ТС с КвД от опорной поверхности, обеспечивая этой машине возможность перемещения груза по воздуху [1].

Раскрытию этого гипотетического тезиса и уделит внимание в статье.

Цель и задачи статьи

Цель — сформировать концепцию и рабочую гипотезу использования транспортных средств с квантовой тягой в рабочем процессе порта.

Решаемые задачи для достижения цели:

- оценить особенности и возможности тяги квантовых двигателей для осуществления подъемно-транспортных операций;
- построить математическую модель силового баланса и движения ТС с КвД;
- представить основные режимы работы ТС с КвД;
- рассмотреть численный пример перемещения груза посредством ТС с КвД;

- обобщить результаты исследования и сформировать рекомендации по дальнейшим исследованиям в русле темы.

Обобщенная математическая модель силового баланса ТС с КвД

Разложение вектора траста

3D-пространственный вектор траста разложим по ортам [7, 8, 11):

$$\mathbf{F}_T = F_{Tx} + F_{Ty} + F_{Tz}. \quad (1)$$

Если допустить возможность направления вектора траста по всем направлениям 3D-пространства, то область реализации этого вектора представима сферой радиуса F_T .

Если ограничиться лишь курсовым движением ТС с КвД в плоскости угла тангажа β , формула (1) примет вид

$$\mathbf{F}_T = F_{Tx} + F_{Tz}. \quad (2)$$

В скалярной записи — это

$$F_T = \sqrt{F_{Tx}^2 + F_{Tz}^2}. \quad (3)$$

Графически это представим на рис. 1.

Формулы (2) и (3) являются общими исходными для расчета движения ТС с КвД как по вертикали (отрыв груза от опорной поверхности и его подъем), так и по горизонтали (перенос груза в другую локацию), а также в ситуации комбинированного движения по наклонным траекториям.

Продольному поступательному движению вывешенного ТС с КвД вперед (с реализацией прямой тяги) соответствует первый квадрант

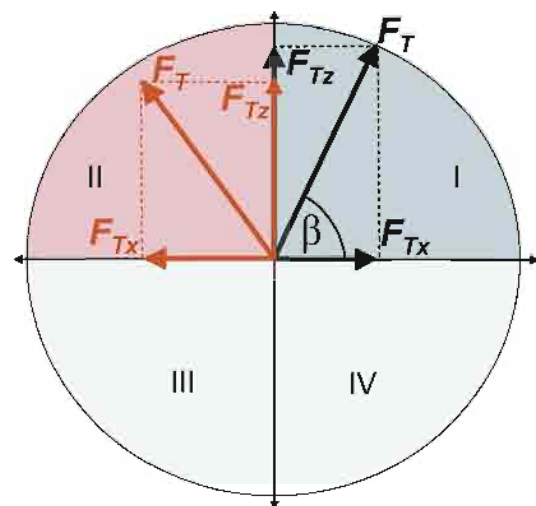


Рис. 1. Разложение траста F_T на горизонтальную F_{Tx} и вертикальную F_{Tz} компоненты; β — угол наклона траста F_T относительно горизонта

круга обметания вектора траста (см. рис. 1). Тормозным продольным режимам (реверсу) соответствует второй квадрант.

Анализ силового баланса ТС с КвД отличается от канонического силового анализа наземных машин, что обусловлено вовлечением в обобщенное уравнение силового баланса новых для наземного транспортного средства сущностей и физических величин, проявляющихся при учете вертикальных сил вывешенного ТС с КвД: тяжести, силы вывешивания, воздушного сопротивления вертикальному перемещению, вертикальные ускорения.

Уравнение силового баланса ТС с КвД и его модификации

Детализация формулы (3), аналогично тому, как это выполнено для квантомобиля в работах [7, 8], приводит к выражению

$$\begin{aligned} F_T^2 &= F_{Tx}^2 + F_{Tz}^2 = \\ &= (P_{w,x} + P_{j,x})^2 + (P_{w,z} + P_{j,z} + P_g)^2 = \\ &= \left(k_{w,x} \cdot S_{\text{лоб}} \cdot V_x^2 + \frac{G_{TC}}{g} a_x \right)^2 + \\ &+ \left((k_{w,z} \cdot S_{\text{план}} \cdot V_z^2 + \frac{G_{TC}}{g} a_z) |F_{Tz} > G_{TC}| + \min(F_{Tz}, G_{TC}) \right)^2, \end{aligned} \quad (4)$$

где F_T, F_{Tx}, F_{Tz} — траст и его координатные составляющие соответственно, Н;

$P_{w,x}$ — сила сопротивления воздуха горизонтальному движению, Н;

$P_{j,x}$ — сила сопротивления горизонтальному ускорению, Н;

$P_{w,z}$ — сила сопротивления воздуха вертикальному движению, Н;

$P_{j,z}$ — сила сопротивления вертикальному ускорению, Н;

$P_g = G_{TC}$ — часть вертикальной составляющей траста, идущей на нейтрализацию тяжести перемещаемого груженого ТС с КвД, Н;

V_x — текущая скорость продольного (курсового) движения ТС с КвД, м/с;

G_{TC} — вес ТС с КвД (в зависимости от ситуации, как груженого, так и негруженого), Н;

$k_{w,x}$ — коэффициент горизонтальной (продольной) обтекаемости ТС с КвД воздухом, Н·с²/м⁴;

$S_{\text{лоб}}$ — лобовая (фронтальная) площадь ТС с КвД, м²;

V_w — скорость продольного движения ТС с КвД относительно воздуха (примем в данном исследовании $V_w = V_x$), м/с;

g — ускорение свободного падения, м/с²;

a_x — продольное ускорение груженого ТС с КвД, м/с²;

$k_{w,z}$ — коэффициент вертикальной обтекаемости ТС с КвД воздухом, Н·с²/м⁴;

$S_{\text{план}}$ — площадь ТС с КвД в плане, м²;

V_z — скорость вертикального движения ТС с КвД, м/с;

a_z — вертикальное ускорение ТС с КвД, м/с².

Отметим, что $G_{TC} = G_{TC0} + G_{rp}$, где G_{TC0} — вес порожнего (незагруженного) ТС с КвД, а G_{rp} — вес перемещаемого груза с его тарой.

Формула (4) — обобщенное выражение силового баланса ТС с КвД, охватывающее следующие характерные режимы его работы:

1) режим исходного покоя груза: $F_{Tz} = 0, F_{Tx} = 0$;

2) переходный режим частичного вывешивания груза, когда $0 < F_{Tz} < G_{TC}$;

3) граничный режим — с нулевым касанием груза опорной поверхности (без отлета груженого ТС с КвД вверх), когда $F_{Tz} = G_{TC}$;

4) режим вертикального отлета ТС с КвД — когда $F_{Tz} > G_{TC}$;

5) режим полета ТС с КвД (естественно, при $F_{Tz} \geq G_{TC}$);

6) режим вертикального спуска на опорную поверхность ($F_{Tz} \leq G_{TC}$);

7) режим финальной фиксации груза ($F_{Tz} = 0, F_{Tx} = 0$).

Имеются особенности использования формулы (4):

- член уравнения « $\min(F_{Tz}, G_{TC})$ » представляет собой силу, идущую на преодоление гравитационной силы, создаваемой массой груженого ТС с КвД: частично — когда при $F_{Tz} \leq G_{TC}$ нет физической возможности отлета комплекта вверх, либо при $F_{Tz} > G_{TC}$ — когда с полным преодолением силы гравитации появляется физическая возможность отлета ТС с КвД от опорной поверхности за счет остатка силы $\Delta = F_{Tz} - G_{TC}$.

При рассмотрении силового баланса в установившемся равномерном движении груженого ТС с КвД, вблизи опорной поверхности, но без отлета от нее (т. е. при $F_{Tz} \approx G_{TC}$) (режим 3), можно использовать упрощенное (относительно (4)) уравнение

$$F_T^2 = F_{Tx}^2 + F_{Tz}^2 = (P_{w,x})^2 + (P_g)^2 = (k_{w,x} \cdot S_{\text{лоб}} \cdot V_x^2)^2 + (F_{Tz})^2. \quad (5)$$

Уравнение (4) — имплицативное (неявное) уравнение относительно аргументов $x = F_{Tx}$, $z = F_{Tz}$, $y = V_x$.

При расчетном исследовании удобнее пользоваться явными уравнениями относительно рассматриваемого показателя фазы расчета.

Приведение имплицативного уравнения (4) к явному виду относительно F_{Tx} :

$$F_{Tx} = k_{w,x} \cdot S_{\text{лоб}} \cdot V_x^2 + \frac{G_{TC} \cdot a_x}{g}. \quad (6)$$

Приведение уравнения (4) к явному виду относительно F_{Tz} :

$$F_{Tz} = G_{TC} + k_{w,z} \cdot S_{\text{план}} \cdot V_z^2 + \frac{G_{TC} \cdot a_z}{g}. \quad (7)$$

Приведение уравнения (5) к виду относительно V_x :

$$V_x = \sqrt{\frac{F_{Tx}}{k_{w,x} \cdot S_{\text{лоб}}}}. \quad (8)$$

Для продольного ускорения полностью вывешенного ТС с КвД (при $F_{Tz} = G_{TC}$) можно записать:

$$a_x = \frac{g}{G_{TC}} (F_{Tx} - k_{w,x} \cdot S_{\text{лоб}} \cdot V_x^2). \quad (9)$$

Задав $a_x = 0$, можно определить максимально возможную продольную скорость вывешенного ТС с КвД:

$$V_{x,\text{max}} = \sqrt{\frac{F_{Tx}}{k_{w,x} \cdot S_{\text{лоб}}}}. \quad (10)$$

Задав $V_x = 0$, можно определить продольное ускорение в начальный момент продольного движения вывешенного ТС с КвД:

$$a_x = \frac{F_{Tx} \cdot g}{G_{TC}}. \quad (11)$$

Для вертикального ускорения ТС с КвД (при $F_{Tz} > G_{TC}$) можно записать:

$$a_z = \frac{g}{G_{TC}} (F_{Tz} - G_{TC} - k_{w,z} \cdot S_{\text{план}} \cdot V_z^2). \quad (12)$$

Задав $V_z = 0$, можно определить вертикальное ускорение в начальный момент подъема ТС с КвД:

$$a_z = \frac{g}{G_{TC}} \Delta. \quad (13)$$

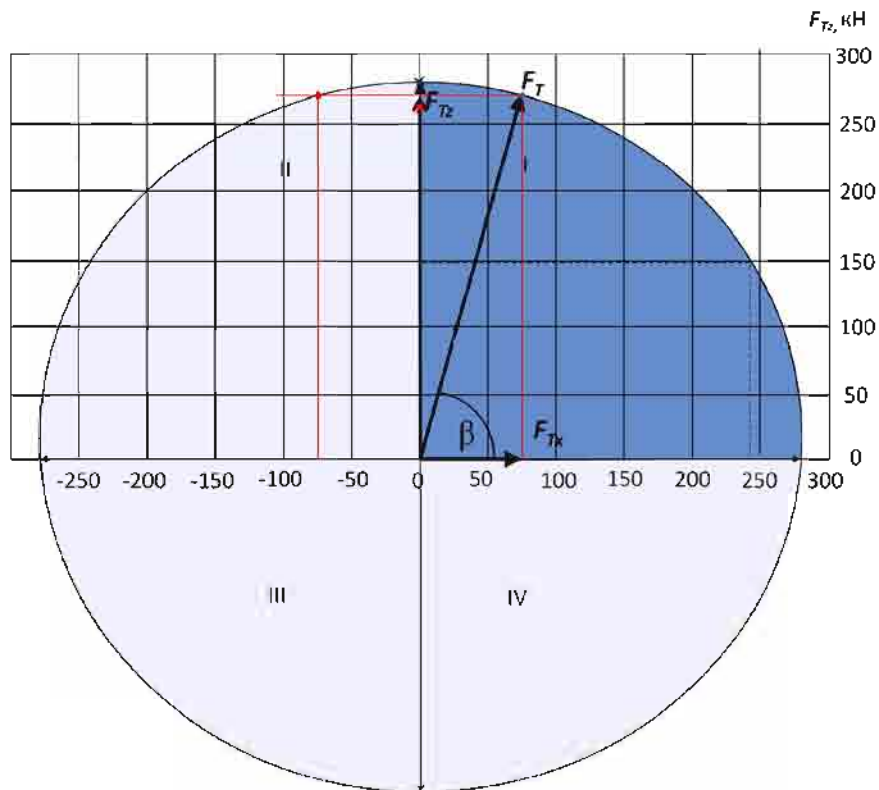


Рис. 2. Трастовая характеристика КвД исследуемого ТС

Проведение анализа на базе совокупности формул (2–13) может быть усилено привлечением соответствующих графических моделей [8].

Численный пример. Результаты

Для количественного примера взят гипотетический ТС с КвД с собственным весом $G_{ТС0} = 30$ кН, предназначенный для перемещения стандартных 20-футовых загруженных контейнеров весом $G_{гр} = 240$ кН, т. е. $G_{ТС} = 270$ кН.

Допустим, конструкция ТС с КвД представляет собой траверсу-спредер^{1,2}, оснащенную КвД. Величина максимального траста КвД $F_{Tmax} = 280$ кН. При весе груженого ТС с КвД $G_{ТС} = 270$ кН траст $F_{Tmax} = 280$ кН обеспечивает для вывешенного ТС с КвД возможность реализации горизонтальной тяги 74 кН (рис. 2). Оценка угла β и F_{Tx} : $\beta = \arcsin(F_{Tz}/F_T) = \arcsin(270/280) = 74,67^\circ$. $F_{Tx} = F_T \cdot \cos\beta = 280 \cdot \cos 74,67^\circ = 74$ кН.

Остальные необходимые характеристики груженого ТС с КвД: $k_{w,z} = 0,6$ Н·с²/м⁴; $S_{лоб} = 8$ м²; $k_{w,z} = 0,9$ Н·с²/м⁴; $S_{план} = 15$ м² (обоснование исходных данных есть в работах [4–6]).

Рассмотрим случай единичного рейса ТС с КвД при разгрузке океанского судна-контейнеровоза в контейнерном терминале. Пусть задана простейшая прямоугольная траектория движения груженого ТС с КвД (рис. 3): 1) равноускоренный вверх затем равнозамедленный вертикальный

подъем на высоту 20 м (по пути А–В); 2) горизонтальное перемещение на условное расстояние 400 м: равноускоренное–равномерное–равнозамедленное (по пути В–С); 3) равноускоренный вниз — затем равнозамедленный вертикальный спуск на 40 м (по пути С–D).

1. Вертикальное ускорение на участке А–В (см. рис. 3) обусловлено разницей между вертикальной тягой и весом ТС с КвД $\Delta = F_{Tz} - G_{ТС}$. Например, для разгона по вертикали $\Delta = 280 - 270 = 10$ кН. Тогда $a_z = \frac{g}{G_{ТС}} \Delta = 9,8 (280 - 270)/270 = 0,363$ м/с² (что практически приемлемо).

В первом приближении ТС с КвД полпути (10 м) будет вертикально разгоняться, а оставшиеся полпути оно будет замедляться (до $V_z = 0$).

Тогда время разгона при подъеме на высоту 10 м: $t = \sqrt{2h/a_z} = \sqrt{2 \cdot 10/0,363} = 7,38$ с. Вертикальная скорость в момент выхода на высоту 10 м: $V_z = \sqrt{2a_z \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 0,363 \cdot 10} = 2,7$ м/с.

Оценим силу сопротивления воздуха на этой скорости: $P_{w,z} = k_{w,z} \cdot S_{план} \cdot V_z^2 = 0,9$ Н·с²/м⁴ $\times$ 15 м² $\cdot$ $7,26$ м²/с² = 98 Н = $0,098$ кН. Это составляет малую толику (1 %) на фоне реализуемого избытка вертикальной тяги. Поэтому можно пренебречь фактором сопротивления воздуха для скоростей вертикального движения ТС с КвД такого порядка.

На пути замедления (оставшиеся 10 м до точки В) примем картину изменения скорости равнозамедленной, «зеркальной»: $a_z = -0,363$ м/с²; время замедления до $V_z = 0$ м/с равно $t = 7,38$ с. Это обеспечивается величиной $\Delta = -10$ кН, чему

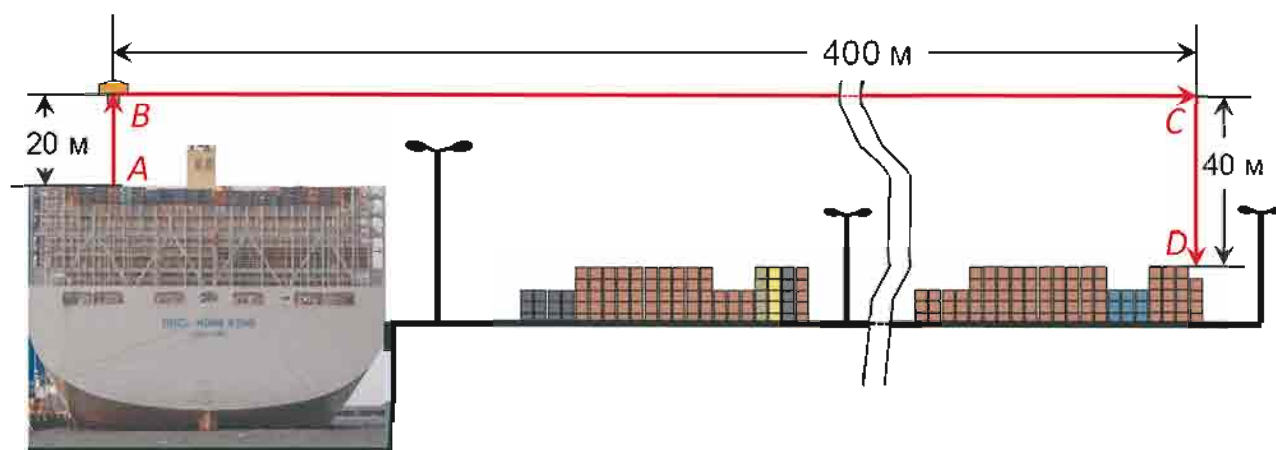


Рис. 3. Схема движения ТС с КвД при разгрузке судна-контейнеровоза

соответствует необходимый уровень вертикальной тяги $F_{Tz} = G_{TC} + \Delta = 270 - 10 = 260$ кН.

Общее время, затрачиваемое на подъем: $t_{\text{под}} = 2,7,38 = 14,76$ с.

2. Горизонтальное движение на плече 400 м (B–C на рис. 3) складывается из этапов: разгон – установившееся движение на обусловленной скорости (примем 10 м/с) – замедление.

Разгон:

$$a_x = \frac{F_{Tx} \cdot g}{G_{TC}} = 74\,000 \text{ Н} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 / 27\,000 \text{ Н} = 2,69 \text{ м/с}^2.$$

Время разгона до скорости 10 м/с: $t = V/a_x = 10/2,69 = 3,72$ с. Путь разгона: $S = V^2/2a_x = 100/(2 \cdot 2,69) = 18,59$ м.

Если принять величину замедления $-2,69 \text{ м/с}^2$, то время и путь будут такими же, как для разгона, и тогда путь равномерного движения: $400 - 2 \cdot 18,59 = 363,82$ м. А время этого движения $363,82/10 = 36,38$ с.

Время горизонтального движения составит $18,59 + 36,38 + 18,59 = 73,56$ с.

Оценим силу сопротивления воздуха при горизонтальном движении ТС с КвД. При сохранении вертикальной составляющей траста $F_{Tz} = 270$ кН для равномерного движения на максимальной скорости $V_x = 10$ м/с надо обеспечить горизонтальную составляющую $F_{Tx} = k_{wx} \cdot S_{\text{лоб}} \cdot V_x^2 = 0,6 \cdot 8 \cdot 100 = 480 \text{ Н} = 0,48$ кН. В сравнении с силой $F_{Tx} = 74$ кН, прикладываемой со стороны КвД к корпусу ТС в процессе горизонтального разгона, это малая величина ($0,48/74 = 0,65\%$) в аспекте силового баланса. Ею можно пренебречь.

3. Вертикальный спуск ТС с КвД (C–D на рис. 3). Время разгона на спуске с контролируемым ускорением $-0,363 \text{ м/с}^2$ на дистанции 20 м (начальные полпути): $t = \sqrt{2h/a_z} = \sqrt{2 \cdot 20/0,363} = 10,4$ с.

Вертикальная скорость на отметке 20 м $V_z = \sqrt{2a_z \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 0,363 \cdot 20} = 3,8$ м/с (вполне допустимо!). Время замедления на спуске с контролируемым ускорением $+0,363 \text{ м/с}^2$ на дистанции 20 м (конечные полпути): $t = 10,4$ с (из условий «зеркальности»). Скорость в конечной точке будет $V_z = 0$ м/с.

Время спуска ТС на 40 м составит $10,4 + 10,4 = 20,8$ с.

Таким образом, общее время доставки контейнера с борта судна-контейнеровоза на накопительную площадку терминала составит

$$14,8 + 73,6 + 20,8 = 109,12 \approx 109 \text{ с.}$$

Отметим, что характеристика траста F_T на спуске будет отличаться от траста, реализуемого при подъеме. Поскольку величина ускорения a_z прямо пропорциональна разности $\Delta = (F_{Tz} - G_{TC})$, то вместо избытка тяги должен использоваться недостаток тяги до значения веса G_{TC} той же величины, т. е. $(F_{Tz} - G_{TC}) = -10$ кН, и тогда $F_{Tz} = 270 \text{ кН} - 10 \text{ кН} = 260$ кН.

Технология использования траста может быть пояснена посредством детализации верхней части трастовой характеристики (рис. 4).

Первые 10 м подъема ТС с КвД вертикальный траст $F_{Tz} = 280$ кН (точка A на рис. 4), конечные 10 м подъема $F_{Tz} = 260$ кН (точка C на рис. 4).

Разгон по горизонтали обеспечивается наклонным трастом $F_T = 280$ кН, при этом $F_{Tx} = 74$ кН (точка D на рис. 4). Далее равномерное движение со скоростью 10 м/с обеспечивается трастом вблизи точки B (горизонтальную составляющую $F_{Tx} = 0,48$ кН графически не показывать). На конечном участке движения по горизонтали замедление ТС обеспечивается наклонным трастом $F_T = 280$ кН, но $F_{Tx} = -74$ кН (точка E на рис. 4).

Первые 20 м спуска ТС вертикальный траст $F_{Tz} = 260$ кН (точка C на рис. 4), конечные 20 м спуска $F_{Tz} = 280$ кН (точка A на рис. 4).

Отметим, что коэффициент превышения максимального вектора тяги над общим весом ТС с КвД, равный $\gamma = 280 \text{ кН}/270 \text{ кН} = 1,04$ вполне удовлетворил уровню требуемых оперативных скоростей. Округляя, можно рекомендовать для дальнейших подобных поисковых работ $\gamma \approx 1,05$.

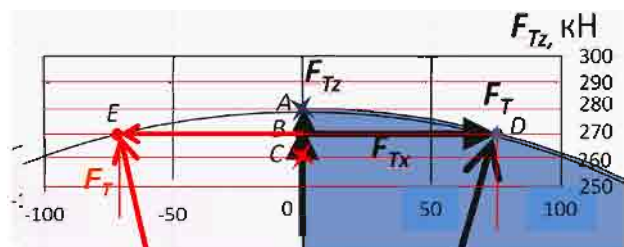


Рис. 4. Верхняя часть трастовой характеристики КвД

Обсуждение

Сравним представленный способ доставки с борта судна-контейнеровоза в штабель склада терминала с существующей технологией трех-этапной (реже – двухэтапной) обработки контейнера. В настоящее время контейнер производит выгрузку с борта судна-контейнеровоза на прицеп (или площадку). Затем тягач перемещает прицеп с контейнером из зоны действия причального контейнера в зону складского штабеля, а далее, с помощью крана RMG, либо RTG, либо ричстакера, осуществляется укладка контейнера в штабель.

Кроме чистого времени транспортировки контейнера с борта судна на склад тремя видами технических средств (для маршрута с плечом 400 м это не менее 20 мин), необходимо еще время подготовительного маневрирования этих технических средств (в сумме — не менее времени собственно транспортировки) — в итоге несколько десятков минут. Кроме указанного временного фактора, необходимо учитывать задействование трех видов техники с ее подъездами-отъездами, маневрированием, оперативным занятием площадей терминала, использование персонала (не менее 5 человек)³.

В случае же гипотетического ТС с КвД требуется всего один оператор. Ко времени внедрения гипотетического на сегодняшний день ТС с КвД, наверняка, будет развита безоperatorная техника управления дронами. Более того, плотное множество «дронов-ТС с КвД» сможет оперировать под одной системой управления и диспетчеризации, обеспечивающей максимальную интенсивность общего процесса разгрузки/загрузки судна и оптимальное использования пространства терминала.

Несмотря на простоту примера движения ТС с КвД по прямоугольной траектории с резкой сменой характера движения (с вертикального направления на горизонтальное и, наоборот, жесткую переброску вектора траста, а следовательно, жесткий характер изменения ускорений ТС),

по мнению автора, удалось представить общий характер картины движения ТС с КвД.

Движение ТС с КвД, конечно же, может быть более сложным и изящным, с наклонными подъемами и спусками, маневрированием над объектами терминала, учетом разницы и тонкостей этапов подъема и спуска (в отличие от примененного здесь «зеркального» характера этих этапов).

При массовом использовании множества ТС с КвД может быть использована диспетчеризация с разводкой траекторий в 3D-пространстве и подчинению множества этих машин единой цели — например, быстрой загрузке судна партией контейнеров.

Существующие подъемно-транспортные машины в ряде случаев вообще могут быть заменены транспортирующими машинами с КвД в их конструкциях (ТС с КвД), что позволит высвободить полосу движения привычного ПТМ. Подъемные машины (ПМ) (краны и т. п.) также могут быть заменены ТС с КвД. Более того, несколько типов ПТМ и ТМ, используемых на складах в последовательности технологических операций обработки конкретного груза, могут быть заменены одним универсальным ТС с КвД, осуществляющим непрерывное перемещение груза (без перегрузки с одного вида ТС на другой). Например, перемещение контейнера в открытом контейнерном терминале с накопительной площадки (или даже с борта автомашины или железнодорожной платформы) непосредственно в трюм/палубу морского контейнеровоза. При этом высвобождается наземная накопительная площадка терминала, а возникающая новая технология работ с освобождением от некоторых прежних перегрузок, а также использование 3D-пространства терминалов позволит существенно увеличить интенсивность грузопотока.

В статье рассматривалось движение ТС с КвД только в плоскости $x-z$. Однако вектор траста при реализации составляющей $F_{\text{тy}}$ сможет обеспечить боковое движение ТС с КвД, что позволит маневрировать на местности.

Немаловажным является вопрос управляемости и стабилизации ТС с КвД, что немислимо обеспечить одним КвД. Потребуется еще один (или более) дополнительный КвД, вслед за чем возникнет проблема оптимального размещения КвД на корпусе ТС с КвД.

³ Краны STS. <http://topkraftspb.ru/krany-sts.html>; Ричстакеры. <http://topkraftspb.ru/richstakeryi.html>; Краны RMG. <http://topkraftspb.ru/krany-rmg.html>; Краны RTG. <http://topkraftspb.ru/krany-rtg.html>; Колесные портовые краны. <http://topkraftspb.ru/kolesnie-krani.html>; Прицепы-погрузчики контейнеров. <http://topkraftspb.ru/dlya-kontejnerov.html>; Большегрузные вилочные погрузчики. URL: <http://topkraftspb.ru/teleskopicheskie-pogruzchiki-sany.html>

Все затронутые аспекты требуют раскрытия и детализации в дальнейших исследованиях.

Заключение

Исследование показало, что при условии конструктивного осуществления идей и принципов бестопливной энергетики, базирующейся на извлечении энергии из физического вакуума, концепция представленного здесь транспортного средства с КвД вполне состоятельна.

Существующие ПТМ в портах могут быть заменены транспортирующими машинами с КвД в их конструкциях (ТС с КвД), что позволит высвободить оперативные полигоны движения названных ПТМ. Более того, несколько типов ПТМ и других машин, используемых на терминалах и складах в последовательности технологических операций обработки конкретного груза, могут быть заменены одним универсальным ТС с КвД, осуществляющим непрерывное перемещение груза, без перегрузки с одного вида транспорта на другой.

Все это будет способствовать повышению пропускной способности портов и интенсивности грузопотоков в них, а следовательно, росту эффективности логистических цепей, использующих эти порты. При этом, очевидно, уменьшится энерго- и материалоемкость рабочего процесса портов.

В целом, идея использования квантовых транспортных средств в рабочем процессе порта, на взгляд автора, вполне состоятельна.

Библиографический список

1. Kotikov Ju. Structural Properties and Operational Philosophy of the Vehicle with the Quantum Engine. *Architecture and Engineering*, Vol. 3. Issue 1. Pp. 13–20. DOI 10.23968/2500-0055-2018-3-1-13-20.
2. Kotikov Ju. Stages of Quantomobile Development. *Architecture and Engineering*, Vol. 3. Issue 2. Pp. 26–35. DOI 10.23968/2500-0055-2018-3-2-26-35.
3. Kotikov Ju. Квантомобиль: исследование формирования и приложения тяговой силы // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 4 (69). С. 189–198. DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-4-189-198.
4. Kotikov Ju. Энергетика транспорта: монография. СПб.: СПбГАСУ, 2018. 206 с. URL: https://www.spbgasu.ru/upload-files/nauchinnovaz/monografi/%D0%9A%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0.pdf (accessed on: 09.10.2019).
5. Kotikov Ju. Specifics of the Quantomobile Force Balance // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 1 (72). С. 168–176. DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-168-176.
6. Kotikov Ju. Specifics of the Quantomobile Force Balance. *Architecture and Engineering*, Vol. 4. Issue 1. Pp. 3–10. DOI 10.23968/2500-0055-2019-4-1-3-10.
7. Kotikov Ju. Actualization of the Quantomobile Force Balance in the Pitch Plane. *Architecture and Engineering*, Vol. 4. Issue 2. P. 53–60. DOI 10.23968/2500-0055-2019-4-2-53-60.
8. Kotikov Ju. Graphical-and-analytical basis for quantomobile near-ground motion studies. *Architecture and Engineering*, Vol. 4. Issue 3. P. 55–64. DOI 10.23968/2500-0055-2019-4-3-55-64.
9. Leonov V. S. Patent No. 2185526 (Russian Federation). A method of thrust generation in vacuum and a field engine for spaceship (options). Bulletin No. 20 dd. 20.07.2002 (priority date: 21.05.2001).
10. Leonov V. S. Quantum Energetics. Vol. 1. Theory of Superunification. Cambridge International Science Publishing, 2010. 745 p. URL: http://www.cisp-publishing.com/acatalog/info_54.html
11. Leonov V. S. Основы теории реактивной и не-реактивной тяги. 2018. URL: https://drive.google.com/file/d/1ZPHqpyZ0hjovwWxbvuRpOV_yRVu2yt0F/view.
12. Brandenburg J. GEM theory of Q-V Thruster. URL: http://ssi.org/wp-content/uploads/2017/02/ssi_estes_park_proceedings_201609.pdf (accessed on: 14.04.2019).
13. Fetta G. Electromagnetic Thruster. Patent US 2014/0013724 A1. URL: <http://www.research.com/fetta/US2014013724A1.pdf> (accessed on: 14.04.2019).
14. Frolov A. V. Новые источники энергии. 9-е изд. Тула: ТулГУ, 2017. 219 с. URL: <http://www.faraday.ru/book01.pdf> (accessed on: 14.04.2019).
15. Tajmar M., Kößling M., Weikert M., Monette M. The SpaceDrive Project – First Results on EMDrive and Mach-Effect Thrusters. URL: https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/ilr/rfs/ressourcen/dateien/forschung/folder-2007-08-21-5231434330/ag_raumfahrtantriebe/SPC-The-SpaceDrive-Project-First-Results-on-EMDrive-and-Mach-Effect-Thrusters.pdf?lang=en (accessed on: 14.04.2019).
16. Сагизлы А. Береговые причальные перегружатели. URL: <https://os1.ru/article/6824-beregovye-prichalnye-peregrujateli> (accessed on: 09.10.2019).

References

1. Kotikov Ju. Structural Properties and Operational Philosophy of the Vehicle with the Quantum Engine. *Architecture and Engineering*, vol. 3, iss. 1, pp. 13–20. DOI: 10.23968/2500-0055-2018-3-1-13-20.
2. Kotikov Ju. Stages of Quantomobile Development. *Architecture and Engineering*. Vol. 3, iss. 2, pp. 26–35. DOI: 10.23968/2500-0055-2018-3-2-26-35.
3. Kotikov Ju. G. *Kvantomobil': issledovanie formirovaniya i prilozheniya tyagovoy sily* [Quantomobile: research of formation and imposition of thrust]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 4 (69), pp. 189–198. DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-4-189-198.
4. Kotikov Ju. *Energetika transporta* [Transport power engineering]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2018, 206 p. Available at: https://www.spbgasu.ru/upload-files/nauchinnovaz/monografii/%D0%9A%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2_%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81-%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B0.pdf (accessed: 09.10.2019).
5. Kotikov Ju. G. *Tyagovo-skorostnye svoystva kvantomobilya* [Traction-speed properties of the quantomobile]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 1 (72), pp. 168–176. DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-168-176.
6. Kotikov Ju. Specifics of the Quantomobile Force Balance. *Architecture and Engineering*, vol. 4, iss. 1, pp. 3–10. DOI: 10.23968/2500-0055-2019-4-1-3-10.
7. Kotikov Ju. Actualization of the Quantomobile Force Balance in the Pitch Plane. *Architecture and Engineering*, vol. 4, iss. 2, pp. 53–60. DOI: 10.23968/2500-0055-2019-4-2-53-60.
8. Kotikov Ju. Graphical-and-analytical basis for quantomobile near-ground motion studies. *Architecture and Engineering*, vol. 4, iss. 3, pp. 55–64. DOI: 10.23968/2500-0055-2019-4-3-55-64.
9. Leonov V. S. *A method of thrust generation in vacuum and a field engine for spaceship (options)*. Patent RF no. 2185526. Bulletin no. 20 dd. 20.07.2002 (priority date: 21.05.2001).
10. Leonov V. S. *Quantum Energetics. Vol. 1. Theory of Superunification*. Cambridge International Science Publ., 2010, 745 p. Available at: http://www.cisp-publishing.com/acatalog/info_54.html
11. Leonov V. S. *Osnovy teorii reaktivnoy i nereaktivnoy tyagi* [Fundamentals of the theory of reactive and non-reactive thrust]. 2018. Available at: https://drive.google.com/file/d/1ZPHqpyZ0hjovwWxbvURpOV_yRVu2yt0F/view
12. Brandenburg J. *GEM theory of Q-V Thruster*. Available at: http://ssi.org/wp-content/uploads/2017/02/ssi_estes_park_proceedings_201609.pdf (accessed: 14.04.2019).
13. Fetta G. *Electromagnetic Thruster*. Patent US 2014/0013724 A1. Available at: <http://www.research.com/fetta/US2014013724A1.pdf> (accessed: 14.04.2019).
14. Frolov A. V. *Novye istochniki energii* [New energy sources]. 9-th ed. Tula, TulSU, 2017, 219 p. Available at: <http://www.faraday.ru/book01.pdf> (accessed: 14.04.2019).
15. Tajmar M., Kößling M., Weikert M., Monette M. *The Space Drive Project – First Results on EM Drive and Mach-Effect Thrusters*. Available at: https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/ilr/rfs/ressourcen/dateien/forschung/folder-2007-08-21-5231434330/ag_raumfahrtantriebe/SPC-The-SpaceDrive-Project-First-Results-on-EMDrive-and-Mach-Effect-Thrusters.pdf?lang=en (accessed: 14.04.2019).
16. Sagizly A. *Beregovye prichal'nye peregruzhateli* [Coast -based mooring reloaders]. Available at: <https://os1.ru/article/6824-beregovye-prichalnye-peregruzhateli> (accessed: 09.10.2019).