

Федцов Валерий Владимирович

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВЕЛИЧИН УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ТОПЛИВА  
ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/43.html](http://www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/43.html)

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2009. № 12 (31): в 2-х ч. Ч. I. С. 131-135. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/](http://www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

лейбусной сети.

Генераторная установка состоит из ПД и ПГ, размещается поперечно в заднем свесе автобуса, на месте, где стоял двигатель. За основу генераторной установки возможно взять готовые серийные дизель-генераторные станции.

Основное силовое электрооборудование, включая накопители, можно разделить на несколько блоков и разместить их как под полом салона, на крыше, так и в специальных выгородках около силового отсека.

Вариант 2: Дизель-генераторная установка, система управления и накопитель устанавливаются на серийный троллейбус.

Все городские автобусы и троллейбусы большого класса имеют примерно одинаковые весовые параметры и габаритные размеры, поэтому одна и та же гибридная силовая установка может быть смонтирована практически на любой автобус или троллейбус. Основные различия будут в компоновочных решениях.

Несомненно, решающее заключение о целесообразности изготовления автобуса с ГСУ возможно дать только по результатам ходовых испытаний опытного образца.

В качестве предварительной характеристики автобуса с ГСУ можно сказать следующее. Автобус с ГСУ должен расходовать топлива несколько меньше автобуса с ДВС в основном за счет полезного использования энергии рекуперативного торможения в условиях движения по коротким перегонам между остановками и светофорами, с частыми разгонами и замедлениями. При эксплуатации на маршрутах с подъемами и спусками, при движении на подъем потребление энергии возрастает на набор потенциальной энергии. При движении под уклон появляется возможность рекуперации, перевода потенциальной энергии в электрическую и ее запасания в накопителе. Однако, но на маршрутах движения с большими перепадами высот емкость накопителя будет недостаточной для сохранения всей энергии, из-за чего эффективность ГСУ будет несколько ниже.

Для обеспечения возможности эксплуатации автобуса с ГСУ на таких маршрутах потребуется установить в трансмиссии (как вариант) гидравлический тормоз-замедлитель или тормозные реостаты, подобно тому, как это сделано на автомобилях с электрической трансмиссией. Несомненно, при эксплуатации автобуса с ГСУ на негоризонтальных дорогах эффективность ГСУ будет зависеть от способности накопителя полностью сохранить рекуперированную потенциальную энергию, то есть от соотношения относительных превышений, профиля маршрута и емкости накопителя.

#### АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВЕЛИЧИН УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ТОПЛИВА ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

*Федцов Валерий Владимирович  
МГТУ «МАМИ»*

При проектировании автомобилей важную роль играет расчет топливно-экономических характеристик, позволяющий оценить величины расхода топлива на различных режимах и, при возможности выбора двигателя из нескольких, выбрать наиболее подходящий не только по тягово-динамическим, но и топливно-экономическим характеристикам.

Для проведения расчета топливно-экономических характеристик автомобиля необходимо знать удельный расход топлива (УРТ) в каждый момент времени. Основной проблемой при проведении такого расчета является то, что величина УРТ может быть представлена как функция двух переменных - частоты вращения двигателя и процента его загрузки и изменяется в зависимости от сочетания этих параметров по достаточно сложному закону. Зависимость изменения величины УРТ, как от оборотов при постоянном значении нагрузки, так и от величины нагрузки при постоянном значении оборотов не является линейной, кривые зависимостей ближе всего к кривым степенных функций.

Точно определить величины УРТ возможно только при испытаниях двигателя в различных режимах. Для большинства двигателей возможно найти в литературе значения удельного расхода топлива - обычно для 5-6 величин нагрузки по 5-6 величинам частот вращения.

Такие ограниченные данные предопределяют весьма низкую точность расчета. В самом простом варианте расчета приходится по этим данным построить графики, отражающие зависимость удельного расхода топлива от оборотов и нагрузки, в ходе расчета необходимые величины УРТ вручную снимать с графиков. К существенным недостаткам такого метода можно отнести большой объем ручной, монотонной, малопродуктивной чисто механической работы, в ходе которой не исключены ошибки, невысокая точность, обусловленная аппроксимацией данных при построении графиков по точкам, большие затраты времени.

Для автоматизации расчетов необходимо иметь формулы, позволяющие определить величины УРТ на тех или иных режимах работы. Однако до настоящего времени простой и точной формулы, позволяющей рассчитать величины УРТ, не получено.

В справочной и учебной литературе можно найти зависимости, позволяющие получить оценочные величины УРТ. Именно оценочные, достаточно приближенные и использование которых для инженерных расчетов нежелательно.

По одной из методик величину УРТ предлагается рассчитывать как

$$g_{e(nN)} = g_{e \min} * K_n * K_N \text{ [гр/кВт]} \quad (1.1)$$

где

$g_{e(nN)}$  - УРТ при заданных частоте вращения и нагрузке;

$g_{e \min}$  - УРТ при нагрузке 100% и максимальных оборотах;

$K_n$  - коэффициент, учитывающий зависимость УРТ от частоты вращения;

$K_N$  - коэффициент, учитывающий зависимость УРТ от нагрузки.

Коэффициенты  $K_n$  и  $K_N$  определяются либо по графикам, либо по соответствующим формулам.

Коэффициент  $K_n$  вычисляется одинаково для карбюраторных и дизельных двигателей.

$$K_n = 1,25 - 0,99 \cdot \left( \frac{n_i}{n_{P_{\max}}} \right) + 0,98 \cdot \left( \frac{n_i}{n_{P_{\max}}} \right)^2 - 0,24 \cdot \left( \frac{n_i}{n_{P_{\max}}} \right)^3 \quad (1.2)$$

где

$n_i$  - текущее значение величины оборотов двигателя;

$n_{P_{\max}}$  - значение оборотов двигателя при максимальной мощности.

Коэффициент  $K_n$  изменяется в пределах от 0,95 до 1,2, при нагрузках порядка 80% имеет значение меньше единицы. Экстремум  $K_n = 0,9544$  при  $n_e = 0,67 * n_{P_{\max}}$ .

Коэффициент  $K_N$  для карбюраторных и дизельных двигателей вычисляется различно.

Для карбюраторных двигателей:

$$K_{Nk} = 3,27 - 8,22 \cdot \left( \frac{P_a}{P_e^{6H}} \right) + 9,13 \cdot \left( \frac{P_a}{P_e^{6H}} \right)^2 - 3,18 \cdot \left( \frac{P_a}{P_e^{6H}} \right)^3 \quad (1.3.1)$$

Коэффициент  $K_{Nk}$  изменяется в пределах от 0,95 до 2,8, при оборотах порядка 80% максимальных имеет значения меньше единицы. Экстремум  $K_N = 0,8977$  при  $P_a = 0,72 P_e^{6H}$ .

Для дизельных двигателей:

$$K_{Nd} = 1,2 + 0,14 \cdot \left( \frac{P_a}{P_e^{6H}} \right) - 1,8 \cdot \left( \frac{P_a}{P_e^{6H}} \right)^2 + 1,46 \cdot \left( \frac{P_a}{P_e^{6H}} \right)^3 \quad (1.3.2)$$

Коэффициент  $K_{Nd}$  изменяется в пределах от 0,95 до 1,5, при оборотах порядка 80% максимальных имеет значения меньше единицы. Экстремум  $K_N = 0,9069$  при  $P_a = 0,78 P_e^{6H}$ .

В этих формулах:

$P_a$  - приведенная к валу двигателя суммарная мощность сопротивления в данных условиях движения;

$P_e^{6H}$  - мощность, развиваемая двигателем при работе по внешней скоростной характеристике.

Возможность применения формулы (1.1) в расчетах можно оценить, сравнивая расчетные величины УРТ какого-либо двигателя, полученные по этой формуле, с паспортными.

По этой формуле были рассчитаны величины УРТ для двигателя КамАЗ-7401.

Результаты расчета величин УРТ по формуле (1.1) представлены на графиках как «расчет 0». Точность расчета (различие расчетного и паспортного расходов) зависит как от оборотов двигателя, так и от нагрузки и лежит в пределах:

- при нагрузке 100% различие расходов топлива лежит в пределах -1,5...+1,5%, точность расчета вполне удовлетворительная;
- при нагрузке 60-80% расчетный расход топлива получается меньше паспортного на 5-8%, точность расчета на грани применимости;
- при нагрузках до 40% расчетный расход топлива значительно меньше паспортного, различие растет с ростом оборотов и составляет при нагрузке 20% от 5% до 30%, при нагрузке 40% - от 2% до 16%.

Таким образом, формулу (1.1) возможно применять, для расчета параметров топливной экономичности только для работы двигателя со средними и высокими нагрузками и низкими нагрузками при невысоких оборотах. Использование формулы (1.1) когда двигатель работает с малыми нагрузками на высоких оборотах повлечет ошибку в расчете с относительной величиной до 30%.

В ходе расчета топливно-экономических характеристик автобуса ЛиАЗ-5656 я предпринял попытку подобрать зависимость, дающую более точные результаты во всем диапазоне частот вращения и нагрузок.

Известно, что величину УРТ при нагрузке 100% возможно определить по формуле:

$$g_{ei} = g_{en} * \left( 1.553 - 1.548 * \left( \frac{n_i}{n_n} \right)^2 + \left( \frac{n_i}{n_n} \right)^3 \right) \text{ [гр/кВт]} \quad (2.1)$$

где

$g_{ei}$  - удельный расход топлива при заданной частоте вращения;

$g_n$  - удельный расход топлива при номинальной частоте вращения;

$n_i$  - текущее значение величины оборотов двигателя;

$n_n$  - номинальное значение величины оборотов двигателя.

Точность расчетов по этой формуле находится в пределах  $-3...+3\%$  в зависимости от частоты вращения. На малых и средних оборотах расчетные значения УРТ получаются меньше паспортных, с ростом оборотов отличие расчетных величин от паспортных увеличивается от 1 до 3%. При дальнейшем увеличении оборотов отличие уменьшается до 0 и снова возрастает до 3%, но расчетные величины становятся больше паспортных.

На графиках результаты расчета по формуле (2.1) представлены как «расчет 1».

Представляется, что зависимость, по которой возможно определить величины УРТ во всем диапазоне частот вращения и нагрузок, можно представить в виде:

$$g_{ei} = g_{en} * \left( 1.553 - 1.548 * \left( \frac{n_i}{n_n} \right)^2 + \left( \frac{n_i}{n_n} \right)^3 \right) * (1 + K) \text{ [гр/кВт]} \quad (2.2)$$

где  $K$  - некоторый коэффициент, зависящий от оборотов двигателя и нагрузки, определяемый по формуле:

$$K = \left\{ \left( 1,14 + \left[ \frac{100-D}{100} \right] * 1,0988 \right) * \left[ \frac{80-D}{100} \right]^{\left( 2,001 * \left( \frac{2200}{n_i} \right) \right)} \right\} + \left\{ \left( 0,998 * \left( \frac{100}{D^2} \right) \right)^2 * \left( \frac{1,005 * n_i}{2200} \right)^{2,99} \right\} \quad (2.3)$$

где

$D$  - процент нагрузки;

$n_i$  - текущее значение величины оборотов двигателя;

2200 - номинальная частота вращения двигателя КамАЗ-7401;

80 (%) - нагрузка, при которой удельный расход топлива минимальный.

При выведении этой формулы изначально составил сумму из 7 слагаемых. Затем стал это выражение упрощать. Существенно удалось упростить это выражение, немного пожертвовав точностью.

Вполне возможно, что формулу (2.2) возможно еще упростить, и, подбирая более тщательно коэффициенты, повысить точность расчета. Еще раз подчеркну, что коэффициенты в формуле подбирались для соответствия результатов расчетов характеристикам двигателя КамАЗ-7401.

Отличие расчетных величин УРТ от паспортных по формуле (2.2) практически во всем диапазоне частот вращения и нагрузок не превышает 3%.

Сравнивая формулы (1.1) и (2.2) можно отметить, что:

1. формула (1.1) дает более точные результаты при полной нагрузке (отличие расчетных величин УРТ от паспортного вдвое меньше - 1,5% вместо 3%);

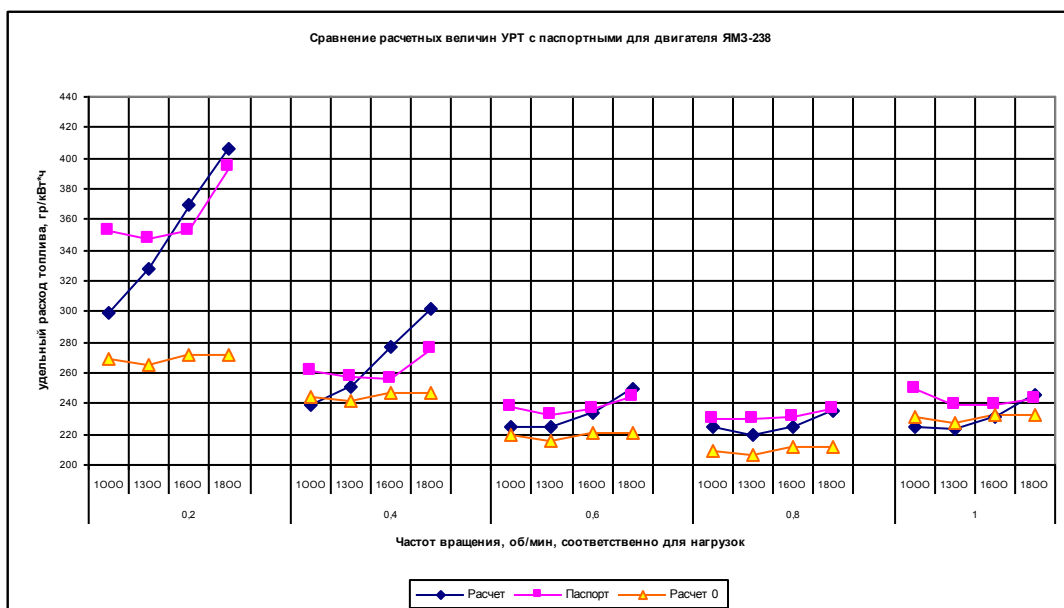
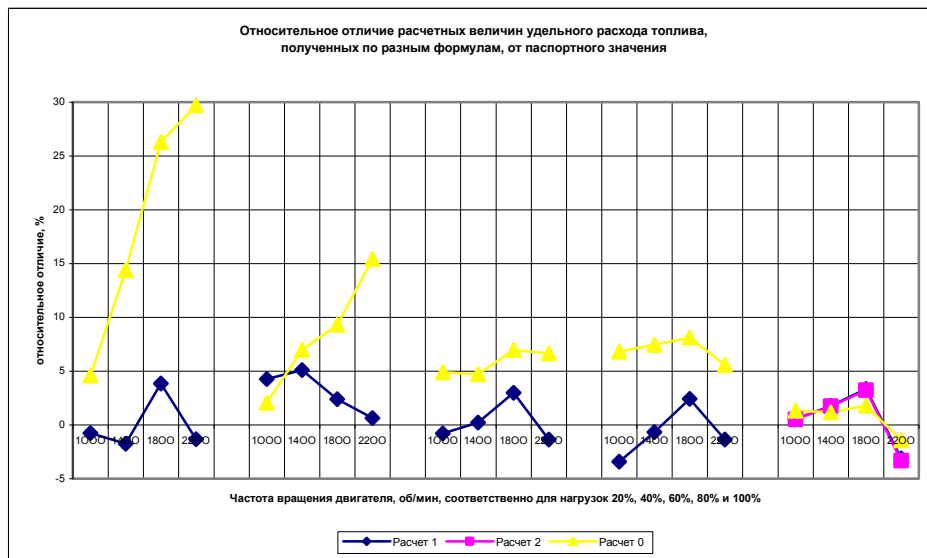
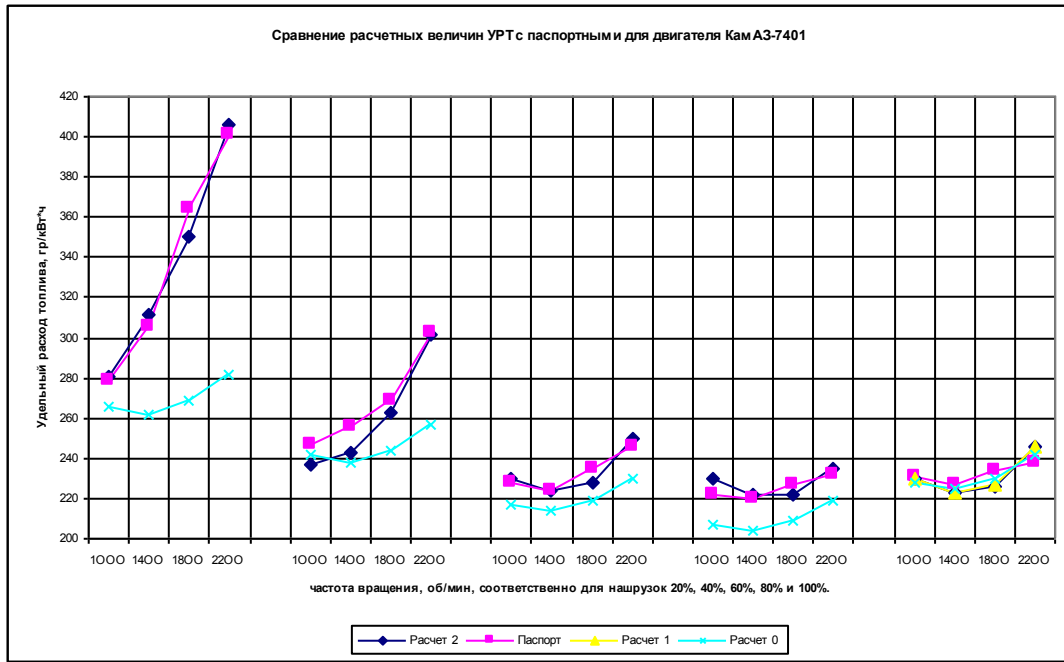
2. в остальном диапазоне нагрузок более точные результаты дает формула (2.2), в среднем 2%, вместо 5-8%, для формулы (1.1).

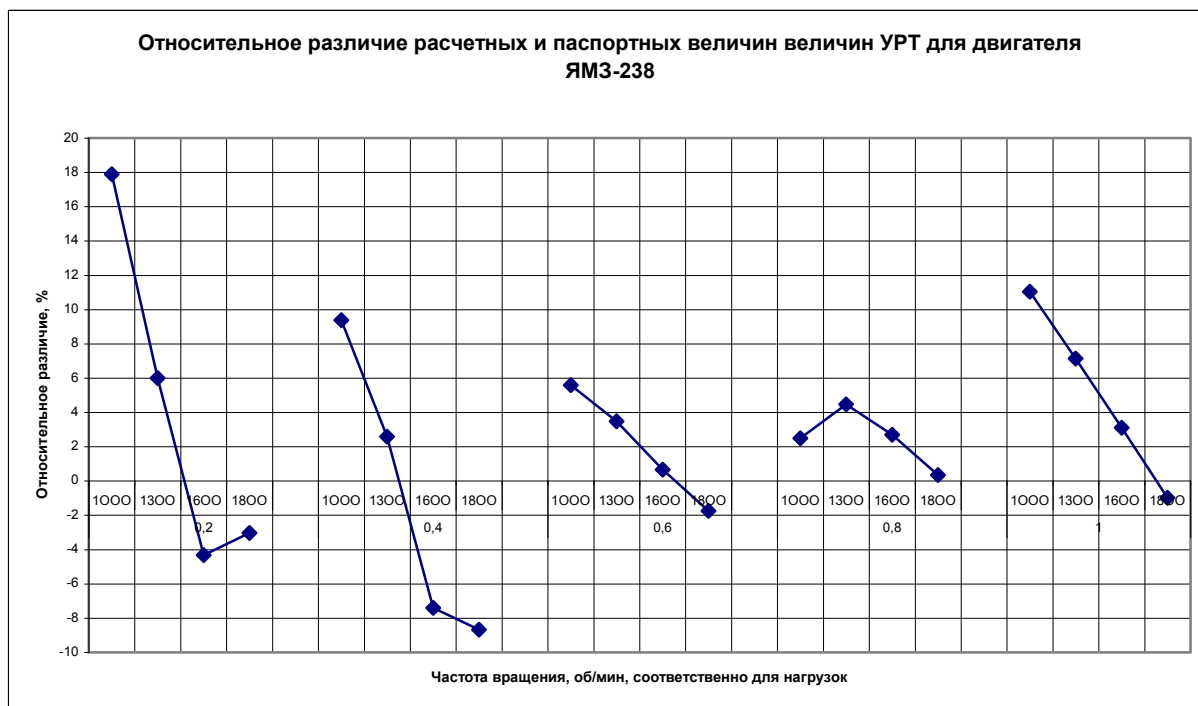
По рассмотренным результатам можно сделать вывод о том, что применение формулы (2.2) дает более точные значения УРТ.

Следует рассмотреть вопрос о возможности применения формул (1.1) и (2.2) для расчета величин УРТ других двигателей.

Однако величины УРТ даже для двигателей, имеющих одинаковый диапазон рабочих скоростей, могут различаться весьма значительно. Возможность применения формулы для расчета величин УРТ проверил на примере двигателя ЯМЗ-230. Этот двигатель имеет другие номинальные обороты.

Точность расчета по формуле значительно хуже - относительные величины погрешностей расчета большей частью укладываются в диапазон  $-2...+6\%$ , максимальная погрешность достигает 18%.



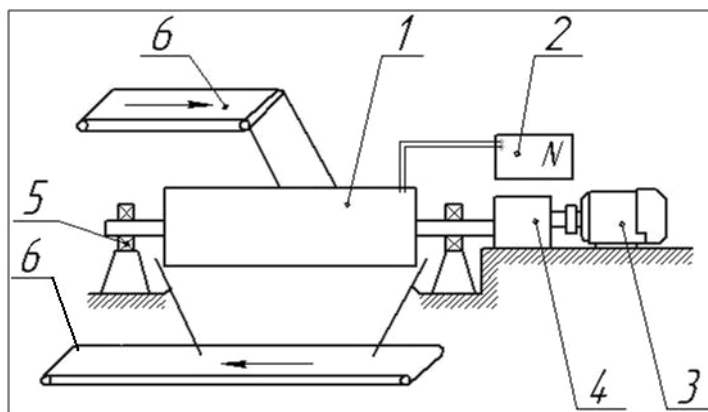


### КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

*Хайновский Владимир Иванович, Копылова Оксана Сергеевна  
ФГОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет»*

Известны многочисленные лабораторные исследования по улучшению посевных свойств семян сельскохозяйственных культур предпосевной обработкой электромагнитными полями, в частности импульсным электрическим полем (ИЭП).

Актуальной задачей является разработка промышленных конструкций установок по предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур ИЭП. В данной работе рассматриваются некоторые основные конструктивные особенности таких установок, к основным технологическим параметрам которых относятся следующие: производительность, потребляемая мощность, амплитуда и частота обработки, время обработки. Кроме того, указанные установки должны иметь небольшие размеры, обладать мобильностью, достаточно простой конструкцией и надежностью при эксплуатации.



**Рис. 1.** Основные конструктивные элементы установки для предпосевной обработки семян ИЭП

На Рис. 1 представлены схематично основные конструктивные элементы установки ИЭП, которая включает в себя: 1 - активатор; 2 - высоковольтный импульсный генератор; 3 - электродвигатель; 4 - редуктор; 5 - опорные стойки; 6 - транспортеры для загрузки и выгрузки.