

УДК 62-97/-98

Оптимизация передаточного числа машинного агрегата с дизельным двигателем

*Сушонкова Е. Ю., студентка
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экономика и организация производства»*

*Родченкова А. А., студентка
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экономика и организация производства»*

*Научный руководитель: Леонов И. В., д.т.н, профессор
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Экономика и организация производства»
ivleonov@bmstu.ru*

Основные свойства машинного агрегата (МА) закладываются в процессе его проектирования при выборе таких параметров как мощность двигателя и передаточное число редуктора или коробки передач. Последующие расчёты деталей по критериям прочности и долговечности, как правило, не влияют на динамические качества МА и расход энергии в эксплуатации, если при этом расчёте не происходит значительного увеличения подвижных масс. Улучшение динамических качеств и производительности МА может быть достигнуто как увеличением номинальной мощности установленного двигателя, так и выбором оптимального передаточного числа коробки передач МА, позволяющего реализовать максимальную мощность двигателя.

Первым условием возможности повышения качеств МА в процессе проектирования является выбор характеристик двигателя и рабочей машины. Это условие является необходимым, но недостаточным, его выполнение обеспечивает только потенциальную возможность улучшения МА. Для практической реализации этой возможности необходимо произвести совмещение оптимальных режимов работы двигателя и рабочей машины (РМ) путем выбора оптимального передаточного числа МА. Трудности выбора параметров МА заключаются в том, что производительность МА, как правило, не является постоянной в процессе эксплуатации [1].

Наиболее экономичным двигателем транспортных МА является дизельный. Однако реальная характеристика работы дизельного двигателя не является благоприятной, так как

одна и та же мощность может развиваться при различных сочетаниях крутящего момента и скорости вращения, что не позволяет осуществить однозначный выбор передаточного числа редуктора МА [2]. Поэтому необходимым условием возможности повышения динамических качеств и производительности МА в процессе проектирования является выбор оптимального передаточного числа МА, соответствующего характеристике двигателя и РМ. Таким образом, оптимальный выбор передаточного числа позволяет осуществить согласование характеристик двигателя и рабочей машины с целью достижения максимальной мощности или снижения удельного расхода топлива. Опыт показывает, что оптимальный выбор передаточного числа будет зависеть от вида характеристик двигателя и РМ, но при этом следует отказаться от учета несущественных факторов, то есть необходимо произвести «идеализацию» характеристик двигателя и РМ с целью выявления более существенных связей оптимального передаточного числа с другими параметрами МА.

Рассмотрим схему машинного агрегата, представленную на рис. 1. МА (рис. 1а) представляет соединение двигателя 1 и рабочей машины 3 (РМ) с помощью редуктора 2 или коробки передач (КП) 4, основной характеристикой которых является передаточное число – отношение входных и выходных скоростей их валов ω_1 и ω_2 [3]:

$$u_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{1}{u_{21}}$$

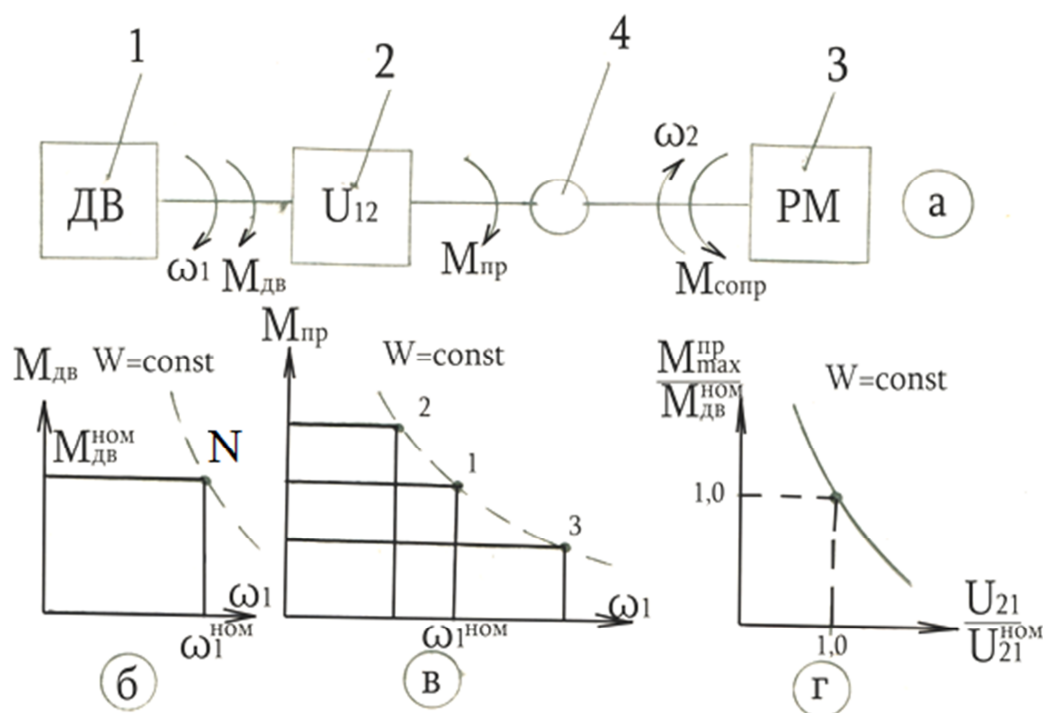


Рис. 1. Схема машинного агрегата и приведение характеристики двигателя к валу рабочей машины: 1 – двигатель; 2 – редуктор; 3 – рабочая машина; 4 – звено приведения

Идеализация характеристик двигателя и РМ может быть различной в зависимости от цели исследования. Если основной задачей является оптимальный выбор мощности двигателя и передаточного числа МА, то для дизельного двигателя удобно принять простейшую идеализированную характеристику в виде прямоугольника с постоянным значением движущего момента $(M_1)_{ном}$ по внешней характеристике (рис. 1б) вплоть до увеличения скорости вращения его вала ω_1 до значения номинальной скорости $(\omega_1)_{ном}$. После того как ω_1 достигнет значения $(\omega_1)_{ном}$, движущий момент резко снизится автоматическим регулятором скорости по постоянной характеристике до нуля путем уменьшения подачи топлива в цилиндр [4]. На рис. 1б точкой N отмечен режим максимальной мощности, который располагается на пересечении внешней и предельной постоянной характеристик и принимается за номинальный.

При выбранной идеализации номинальная мощность двигателя $W_{ном}$ в виде произведения номинальных значений крутящего момента и скорости получает отражение в виде площади под зависимостью крутящего момента M_1 от скорости вращения его вала ω_1 . (рис.1б). Через точку N номинального режима (рис. 1б) проведена гипербола – кривая

постоянной номинальной мощности двигателя, соответствующая характеристике «идеального двигателя»:

$$M = \frac{W_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв}}}$$

МА может эксплуатироваться с редуктором с постоянным выбранным передаточным числом. Однако в целях выявления математической связи развиваемой мощности W двигателя с выбранным передаточным числом в процессе проектирования производится вариация передаточного числа u_{12} для выбора его оптимального значения, обеспечивающего максимальную мощность, наилучшие динамические качества и производительность МА. Рассмотрим при этой вариации изменения характеристики приведенного момента двигателя к валу РМ.

Приведение момента двигателя осуществляется из условия равенства мощностей [1]. Приведенная характеристика двигателя имеет вид прямоугольника той же площади, который меняет свои размеры по осям координат в зависимости от расчетного передаточного числа. Если пренебречь потерями энергии внутри редуктора, то максимальное значение приведенного к валу РМ момента двигателя на рис. 1б будет пропорционально передаточному числу [3]:

$$(M_{\text{max}})_{\text{пр}} = (M_1)_{\text{ном}} u_{12}$$

На рис. 1в изображены три приведенные к валу РМ характеристики двигателя при различных передаточных числах редуктора. Если на идеализированной характеристике двигателя (рис.1б) номинальному режиму соответствует скорость вращения вала $(\omega_1)_{\text{ном}}$, то на приведенных характеристиках (рис. 1в) максимальной мощности соответствуют скорости вала РМ обратно пропорциональные передаточному числу [3]:

$$\omega_2 = \frac{(\omega_1)_{\text{ном}}}{u_{12}}$$

Связь выше представленных приведенных характеристик двигателя позволяет найти зависимость максимального момента на валу РМ от передаточного числа редуктора, которая представлена на рис. 1г:

$$(M_{\text{max}})_{\text{пр.}}$$

Таким образом, возможность работы одного и того же двигателя на различных режимах (в точках 1, 2 и 3 рис.1г) определяется передаточным отношением редуктора или коробки передач МА. Если в качестве передаточного механизма использовать вариатор

или автоматическую коробку передач, то на валу РМ характеристика приведенного момента двигателя будет иметь гиперболический характер как у идеального двигателя постоянной мощности [5]. Диапазон изменений передаточного отношения U выбирается конструктором при проектировании или оператором в условиях эксплуатации.

Если при выборе оптимального передаточного числа редуктора использовалась идеализированная характеристика двигателя, отражающая только его номинальные мощность и скорость, то при дальнейшем более глубоком исследовании от неё можно отказаться.

Результаты исследования были использованы при создании принципиально новой системы управления дизеля с турбонаддувом Челябинского тракторного завода.

Выводы:

1. Основными факторами, вызывающими снижение производительности машинного агрегата с ДВС в эксплуатационных условиях является не оптимальный выбор номинальной мощности двигателя и передаточного числа редуктора или коробки передач;
2. Оптимальный выбор передаточного числа редуктора или коробки передач зависит от характеристики рабочей машины;
3. В машинных агрегатах с дизельным двигателем, реальная характеристика которого не является благоприятной, предпочтительно использовать вариатор или автоматическую коробку передач, чтобы на валу РМ характеристика приведенного момента двигателя имела гиперболический характер как у идеального двигателя постоянной мощности.

Список литературы

1. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1979. 420 с.
2. Леонов И.В., Леонов Д.И. Теория механизмов и машин. М.: Высшее образование, 2010. 239 с.
3. Леонов И.В., Барбашов Н.Н. Выбор оптимальной мощности двигателя внутреннего сгорания гибридной силовой установки // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. № 4. 2010. С. 47-54.
4. Барбашов Н.Н., Леонов Д.И., Леонов И. В. Основы проектирования машин по динамическим и экономическим критериям. М.: МГТУ им. Баумана, 2011. 80 с.

5. Кузнецов А.Г., Харитонов С.В., Латочкин А.А. Математическая модель дизеля как источник энергии транспортной установки с электрической трансмиссией // Грузовик. № 7. 2014. С. 11-14.
6. Иващенко А.А., Кузнецов А.Г., Харитонов С.В., Кузнецов С.А. Моделирование процессов управления транспортных установок с дизельной и электрической трансмиссией // Вестник Волгоградского Университета. Сер. 10 «Инновационная деятельность». № 5. 2014. С. 68-77.