III МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
КРАСНОЯРСК

APITECH
Прикладная физика, информационные технологии и инжиниринг

APITECH
Applied Physics, Information Technologies and Engineering

ДНИТ Красноярский ДОМ НАУКИ И ТЕХНИКИ

«Прикладная физика, информационные технологии и инжиниринг» - APITECH-III-2021

«Метод экспертных оценок в приложении к ранжированию технических решений при проектировании коробки передач трактора»

Авторы: Добрецов Р.Ю., Добрецова С.Б., Трояновская И.П., Тихонов Е.А., Нуретдинов Д.И.

Актуальность

Принятие решения о принципах построения трансмиссии тракторов – важный этап, требующий должного анализа известных теоретических наработок, опыта производства, достижений конкурентов, конъюнктуры рынка и других факторов.

Рассматриваемые в статье задачи:

1. Отбор конкурирующих технических решений и формирование перечня частных показателей для сравнения вариантов исполнения трансмиссии тракторов.
2. Выбор и применение метода ранжирования сравниваемых вариантов.
3. Выбор вариантов для дальнейшей проработки.

Методы решения

Сравнение технических решений целесообразно проводить на основе единой номенклатуры параметров, характеризующих основные аспекты производства и эксплуатации машин.

Последовательность действий при сравнении вариантов:

1. Входные параметры разбиваются на базовые группы (в данном случае число групп равно трем). С каждой группой ассоциируется значение весового коэффициента. Сумма коэффициентов для всей системы $\sum_{i=1}^{3} k_{1i} = 1$.
2. Каждому параметру внутри группы присваивается весовой коэффициент, в соответствии с оценкой экспертами его значимости. Сумма коэффициентов внутри группы $\sum_{j=1}^{p} k_{2j} = 1$.
3. Для всех параметров рассчитывается произведение k_{1i} и k_{2j}.
4. Производится попарное сравнение вариантов и выставляются промежуточные оценки.

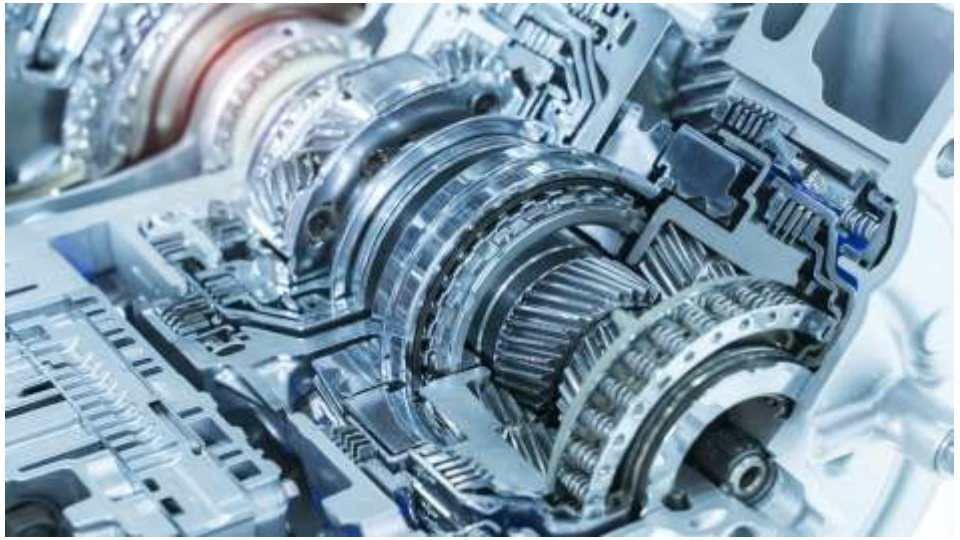
Методы решения

Вариант, имеющий расчетное преимущество, ему отдают балл $t_{lm} = k_{1i} \cdot k_{2j}$, $m = 1,2, \dots, i \cdot j$ целиком. «Проигравший» вариант получает $t_{lm} = 0$. В случае равенства оценок балл делится пополам между сравниваемыми вариантами: $t_{lm} = 0{,}5 \cdot k_{1i} \cdot k_{2j}$. Индекс l присваивается сравниваемым вариантам: $l = A, B, C, D \dots$.

5. Рассчитывается сумма набранных в ходе попарного сравнения баллов для каждого варианта $T_l = \sum_{m=1}^{13} t_{lm}$. Выигравшим является вариант, значение накопленной суммы для которого оказывается больше.

6. Производится распределение позиций рейтинга. В случае одинаковой частоты «выигрыша» для двух конкурентов предпочтение отдается варианту, победившему в попарном сравнении между конкурентами.

Результаты



Принятые к сравнению варианты технических решений:

A – механическая вальная автоматизированная коробка передач в составе однопоточной трансмиссии.

B – механическая планетарная автоматизированная коробка передач в составе однопоточной трансмиссии.

C – использование полнопоточной гидростатической передачи.

D – гидрообъемно-механическая двухпоточная трансмиссия;

E – механический вариатор (CVT).

F – электромеханическая трансмиссия.

G – механическая вальная автоматизированная коробка передач в двухпоточной трансмиссии с контролем распределения мощности по ведущим колесам по крайней мере переднего моста.

H – механическая планетарная автоматизированная коробка передач в двухпоточной трансмиссии с контролем распределения мощности по ведущим колесам по крайней мере переднего моста.

Результаты

Номенклатура параметров и весовые коэффициенты параметров и групп сравниваемых видов трансмиссий

Группа параметров, параметры / Код	A	B	C	D	E	F	G	H	k1	k2	k1×k2
Агротехнические показатели:									0,40		
Плавность изменения крутящего момента	4	4	5	5	5	4	5	5		0,30	0,12
КПД при обеспечении скоростных диапазонов при агрегатировании с орудиями	5	5	3	4	3	4	5	5		0,30	0,12
Управляемость	4	4	4	4	4	5	5	5		0,15	0,06
Устойчивость движения	4	4	4	4	4	5	5	5		0,15	0,06
Перспективы в составе беспилотного комплекса	5	5	3	5	3	4	5	5		0,10	0,04
Технико-экономические показатели:									0,35		
Производительность	5	5	4	4	4	4	5	5		0,30	0,105
Экономичность	5	5	3	4	3	4	5	5		0,30	0,105
Универсальность применения	5	5	5	5	4	4	5	5		0,20	0,070
Себестоимость изготовления	5	4	3	3	3	2	4	4		0,10	0,035
Себестоимость эксплуатации	5	5	3	3	3	4	4	4		0,10	0,035
Общетехнические показатели:									0,25		
Надежность	5	5	4	4	3	3	4	4		0,33	0,083
Долговечность	5	4	3	3	2	3	4	4		0,33	0,083
Ремонтопригодность	4	3	2	2	2	2	4	3		0,33	0,083

Результаты

Итоги сравнительной оценки рассмотренных вариантов

«Победители» попарных сравнений

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		A	A	A	A	A	G	A
B			B	B	B	B	G	H
C				D	C	F	G	H
D					D	D	G	H
E						F	G	H
F							G	H
G								G

Итоговый рейтинг

A	B	C	D	E	F	G	H
7	5	2	4	1	3	8	6

Выводы

1. Исходя из анализа тенденций современного тракторостроения, сделаны выводы:
- для трактора 4 тягового класса трансмиссию выполнить двухпоточной, с вальной коробкой передач и фрикционным механизмом распределения мощности, обеспечивающим контроль сил тяги на ведущих колесах переднего моста;
- для трактора 6-8 тяговых классов трансмиссию выполнить двухпоточной, с вальной коробкой передач и фрикционным механизмом в параллельном потоке, без контроля сил тяги. Такое решение рекомендуется применять, как опцию. Для серийных машин в базовой комплектации, вне зависимости от тягового класса сохранить принцип однопоточной трансмиссии.

2. Наиболее высокие энергетические показатели (удельная мощность, КПД на рабочих режимах, КПД на холостом ходу и др.) способны обеспечить планетарные редукторы современной конструкции. Однако в базовой комплектации рекомендуется применение вальной коробки передач с дисковыми фрикционными элементами управления.

3. В качестве исполнительной части системы управления коробки передач предусмотреть гидравлический привод ФЭУ. В гидроприводе дисковых муфт использовать постоянное давление. Логическая часть системы управления должна базироваться на микропроцессорной основе с обеспечением поддержки протоколов передачи данных через шину CAN. Система управления должна быть замкнутой.

Контакты

Добрецов Р.Ю.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)

E-mail: dr-idpo@yandex.ru