

УДК 625.08

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОТЫ ФРЕЗЕРНО-СМЕСИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ ДОРОЖНЫХ ФРЕЗ И ГИБРИДНЫХ МАШИН В ЗАДАННЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Селиверстов Н.Д., Макарова Д.А.

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г.Москва

Ключевые слова: фреза, глубина фрезерования, режущий элемент, сегмент резания.

Аннотация. В данной статье рассматривается влияние параметров и режимов работы фрезерных агрегатов на эффективность процесса фрезерования в различных условиях. На основе результатов экспериментальных исследований и расчетов определена зависимость общей длины сегмента резания и количества активных режущих элементов от глубины фрезерования. Приведены математические модели работы фрезерования.

DETERMINATION OF FUNCTIONING MILLING-MIXING UNITS OF ROAD MILLING CUTTER AND HYBRID MACHINES UNDER SPECIFIED OPERATING CONDITIONS

Seliverstov N.D., Makarova D.A.

Moscow automobile and road state technical university (MADI), Moscow

Keywords: milling cutter, milling depth, cutting element, cutting segment.

Abstract. This article discusses the influence of parameters and operating modes of milling units on the efficiency of the milling process in different conditions. Based on the results of experimental studies and calculations, the dependence of the total length of the cutting segment and the number of active cutting elements on the depth of milling is determined. Mathematical models of milling operation are presented.

Введение. Эффективность фрезерно-смесительных агрегатов дорожных фрез (рис. 1) [1-8] оценивается системой показателей, среди которых определяющими являются стоимость, производительность, продолжительность цикла и качество производственных процессов фрезерования. Данные показатели имеют функциональные связи, поэтому выбор типа оборудования и оптимизация параметров и режимов работы производится в соответствии с требованиями заказчика к производственному процессу. Методики и рекомендации по выбору рациональных режимов работы фрезерного агрегата и его системы орошения в зависимости от условий эксплуатации отсутствуют.

Температура в зоне контакта достигает +1000°C. Особенно высока вероятность достижения таких температур при фрезеровании толстых слоёв. Продолжительность контактного взаимодействия режущего элемента со средой в процессе резания определяет степень нагрева элемента и его износ.

Глубина фрезерования определяет длину пути контактного взаимодействия и при работе в известных условиях устанавливает границы температурного диапазона нагрева режущих элементов. Прочность среды влияет на интенсивность нагрева. Скоростные характеристики вращения фрезы влияют на интенсивность остывания элементов при холостой части оборота.

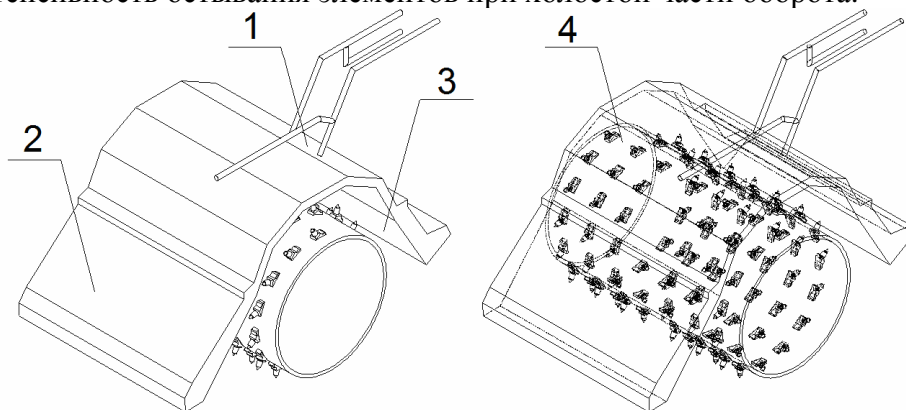


Рис. 1. Фрезерно-смесительный агрегат: 1 – рампы распределения; 2 – задняя стенка; 3 – передняя стенка; 4 – фрезерный барабан

Аналитический расчет. На первом этапе необходимо аналитически определить работу сил сопротивления фрезерованию. Информация о потребной работе позволяет определить мощность силового привода, режимы работы системы орошения и прогнозировать интенсивность абразивного износа режущих наконечников.

Работа фрезерования определяется зависимостями:

$$A_{\phi} = W_{\phi} \cdot l_{pp}, \text{ Нм}.$$

Путь контакта или рабочий ход режущего элемента:

$$l_{pp} = R \cdot \varphi_{px}, \text{ м}.$$

Угловой путь ротора при рыхлении – определяется через радиус режущей окружности ротора и толщину слоя материала, разрабатываемого фрезой за рабочий цикл машины h :

$$\varphi_{px} = \arccos\left(1 - \frac{h}{R_p}\right).$$

Сопротивления, возникающие в процессе фрезерования зависят от линейной и угловой скорости резания:

$$W_{\phi} = C_{cy} \cdot d \cdot \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right) \cdot \frac{V}{w} \cdot z_A, \text{ Н}.$$

Согласно теоретическим расчетам увеличение линейной скорости подачи фрезы приводит к прямо пропорциональному увеличению суммарного сопротивления фрезерованию. Увеличение угловой скорости резания материала снижает расчетную величину суммарного сопротивления фрезерованию, так как снижается величина линейного внедрения режущего наконечника в материал.

Результаты экспериментальных исследований длины сегмента резания для дорожной фрезы с диаметром барабана $D=1140$ мм с постоянной

окружной скоростью ротора $w=98$ об/мин на различной глубине фрезерования.

Табл. 1. Результаты экспериментальных исследований длины сегмента резания для дорожной фрезы

№	Глубина фрезерования h , м	Остаточная глубина внедрения, мм	Частота вращения, 1/мин	Линейная скорость подачи, м/мин	Длина окружности фрезерного барабана, м	Длина сегмента резания, м
1	0,05	18,56	98	30	3,7	0,408
2	0,15	2,38	98	10	3,7	0,474
3	0,3	1,1	98	5	3,7	0,632

Определение общей длины сегмента резания в зависимости от глубины фрезерования. Зависимость общей длины сегмента резания от глубины фрезерования приведена на рисунке 2.

$$l_{pp} = R \cdot \varphi_{px} = \arccos(1 - h/R), \text{ м.}$$

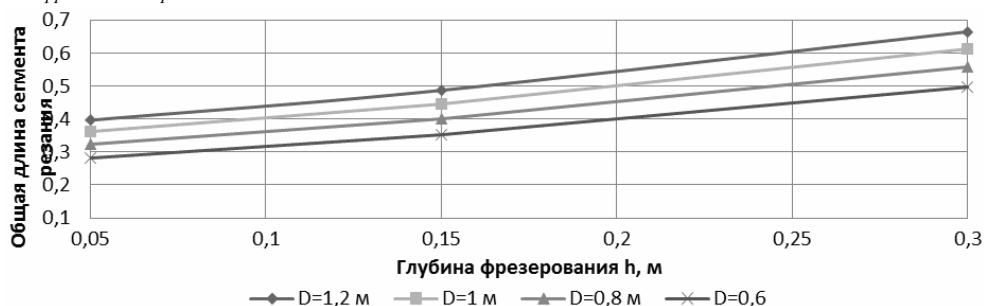


Рис. 2. Зависимость общей длины сегмента резания от глубины фрезерования

Математическая модель работы одного резания резца при фрезеровании на глубине h :

$$A_{\phi 1} = C_{cy} \cdot d \cdot R \cdot \arccos^2\left(1 - \frac{h}{R}\right) \cdot \frac{V}{w}, \text{ Нм.}$$

Математическая модель работы фрезерования сегмента активных резцов:

$$A_{\phi A} = A_{\phi 1} \cdot z_A,$$

$$A_{\phi A} = C_{cy} \cdot d \cdot R \cdot \arccos^2\left(1 - \frac{h}{R}\right) \cdot \frac{V}{2\pi \cdot w} \cdot z, \text{ Нм.}$$

Определение количества активных режущих элементов в зависимости от глубины фрезерования. Зависимость количества активных режущих элементов от глубины фрезерования приведена на рисунке 3.

$$\frac{z_A}{z} = \frac{\varphi_p}{2\pi} \Rightarrow z_A = \varphi_p \cdot \frac{z}{2\pi} = \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right) \cdot \frac{z}{2\pi}.$$

Количество сегментов активных резцов на окружности барабана:

$$n_{\phi} = \frac{2\pi}{\arccos(1 - h/R)}, \text{ шт.}$$

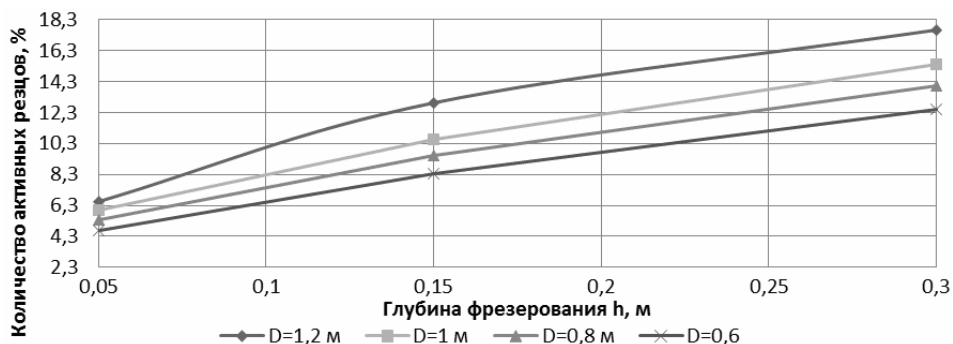


Рис. 3. Зависимость количества активных режущих элементов от глубины фрезерования

Математическая модель работы фрезерования для одного оборота барабана:

$$A_{\Phi Б} = A_{\Phi А} \cdot n_{\Phi}, \text{ Нм},$$

$$A_{\Phi Б} = C_{cu} \cdot d \cdot R \cdot \arccos^3 \left(1 - \frac{h}{R} \right) \cdot \frac{V}{2\pi \cdot w} \cdot z \cdot \frac{2\pi}{\arccos \left(1 - \frac{h}{R} \right)}, \text{ Нм},$$

$$A_{\Phi Б} = C_{cu} \cdot d \cdot z \cdot R \cdot \arccos^3 \left(1 - \frac{h}{R} \right) \cdot \frac{V}{w}, \text{ Нм}.$$

Работа резания в координатах «R-h» для системы режущих элементов приведена на рисунке 4.

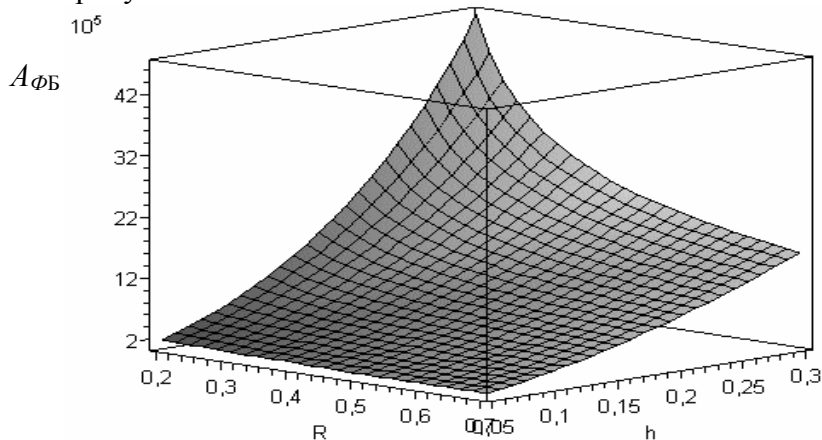


Рис. 4. Работа резания в координатах «R-h» для системы режущих элементов

Выводы

Результаты выполненных исследований позволяют аналитически определить влияние параметров и режимов работы фрезерно-смесительных агрегатов на работу фрезерования.

На втором этапе планируется проведение серии натурных экспериментов фрезерования с регистрацией значений всех параметров и режимов работы фрез, обработка результатов и сопоставление с аналитическими расчетами.

Список литературы

1. Баловнев В.И., Селиверстов Н.Д., Данилов Р.Г. Дорожно-строительные машины гибридного типа для безотходной технологии ремонта автомобильных дорог // Механизация строительства. 2018. Т. 79. № 2. С. 5-10.
2. Баловнев В.И., Данилов Р.Г., Селиверстов Н.Д. Выбор транспортно-технологических машин // Наука и техника в дорожной отрасли. 2018. № 2 (84). С. 38-41.
3. Кустарев Г.В., Павлов С.А., Селиверстов Н.Д., Ушков А.В. Определение показателей эффективности при укладке асфальтобетонной смеси комплексом "прицепной перегрузатель-асфальтоукладчик" // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 1. С.41-44.
4. Селиверстов Н.Д. Определение максимальной производительности фрезерного агрегата для открытой добычи асфальтового гранулята как функции одной и нескольких переменных // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 6. С. 43-46.
5. Лапшинова Н.Р., Селиверстов Н.Д., Хоперскова Ю.С. Применение щековых дробилок со сложным движением щеки в дробильно-сортировочных и грануляционных системах // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 9. С. 26-30.
6. Seliverstov N.D., Stasyuk A.V. Graphical analysis of the state of stress in road harrow cutters // Russian metallurgy (Metally). 2017. vol. 2017. № 13. pp. 1154-1157.
7. Izmaylova D.K., Seliverstov N.D. Calculation peculiarities of re-processed road covering unit cost // International Journal of Advanced Studies. 2017. V. 7. № 2. P. 56-63.
8. Izmaylova D.K., Seliverstov N.D. Working machine-hour cost comparison of modern road coverage processing mechanization // International Journal of Advanced Studies. 2017. V. 7. № 2. P. 48-55.

References

1. Balovnev V.I., Seliverstov N.D., Danilov R.G. Road-building machines of hybrid type for non-waste technology of road repair // Mechanization of construction. 2018. Vol. 79. No. 2. P. 5-10.
2. Balovnev V.I., Danilov R.G., Seliverstov N.D. Selection of transport and technological machines // Science and technology in the road industry. 2018. No. 2 (84). P. 38-41.
3. Kustarev G.V., Pavlov S.A., Seliverstov N.D., Ushkov A.V. Determination of indicators of efficiency when laying the asphalt mixture complex "trailer loader paver" // Repairs. Recovery. Modernization. 2018. No. 1. P. 41-44.
4. Seliverstov N.D. Determination of the maximum performance of the milling unit for open extraction of asphalt granulate as a function of one and several variables // Repair. Recovery. Modernization. 2018. No. 6. P. 43-46.
5. Lapshinov N.R., Seliverstov N.D., Khoperskova Yu.S. Application of jaw crushers with complex movement of the cheek in the crushing and screening and granulation systems / Repair/. Recovery. Modernization. 2018. No. 9. Pp. 26-30.
6. Seliverstov N.D., Stasyuk A.V. Graphical analysis of the state of stress in road harrow cutters // Russian metallurgy (Metally). 2017. vol. 2017. № 13. pp. 1154-1157.
7. Izmaylova D.K., Seliverstov N.D. Calculation peculiarities of re-processed road covering unit cost // International Journal of Advanced Studies. 2017. V. 7. № 2. P. 56-63.
8. Izmaylova D.K., Seliverstov N.D. Working machine-hour cost comparison of modern road coverage processing mechanization // International Journal of Advanced Studies. 2017. V. 7. № 2. P. 48-55.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Селиверстов Николай Дмитриевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Дорожно-строительных машин»,	Nikolai D. Seliverstov – candidate of technical science, associate professor of department of road-building machines
Макарова Дарья Алексеевна – магистр, аспирант	Daria A. Makarova – master, postgraduate
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г.Москва	Moscow automobile and road state technical University (MADI), Moscow

Получена 29.10.2018