

УДК 629.3

**Н.Д. Селиверстов**

ст. преп. МАДИ,

тел.: +7(926)691-03-96,

e-mail: seliverstov\_nd@inbox.ru

## **МЕТОДЫ ЭФФЕКТИВНОГО ХОЛОДНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены технологии холодного фрезерования дорожного покрытия, применяемая техника и оборудование. Определены основные методы повышения эффективности производственных процессов современных дорожных фрез. Определен ряд параметров, которые целесообразно оптимизировать в зависимости от условий эксплуатации и режимов работы.

**Ключевые слова:** восстановление, фрезерование, дорожная фреза, эффективность, продолжительность цикла, режущий резец.

### **Введение**

Холодное фрезерование дорожной одежды является начальным этапом производственных процессов строительства и реконструкции автомобильных дорог. Оборудование для холодного фрезерования обеспечивает удаление изношенного и деформированного асфальтобетонного или цементобетонного дорожного покрытия, устранение колеиности, выпуклостей и других дефектов дорожного полотна, обеспечивает формирование поверхности заданного профиля, пригодной для дорожного движения транспортных средств и укладке новых асфальтобетонных покрытий.

### Машины для фрезерования

Первые машины для холодного фрезерования были разработаны в Европе в середине 1970-х гг. Основой метода стало использование инновационных карбидовых элементов «режущих резцов» (ранее применяемых в горной промышленности) для фрезерования дорожных покрытий без их предварительного разогрева. Современные дорожные фрезы разделяют на прицепные (рис. 1), самоходные (рис. 2) и универсальные, которые в зависимости от технологии работ оставляют переработанный материал на поверхности или перемещают его в грузовой транспорт для транспортировки с площадки и дальнейшего повторного использования.

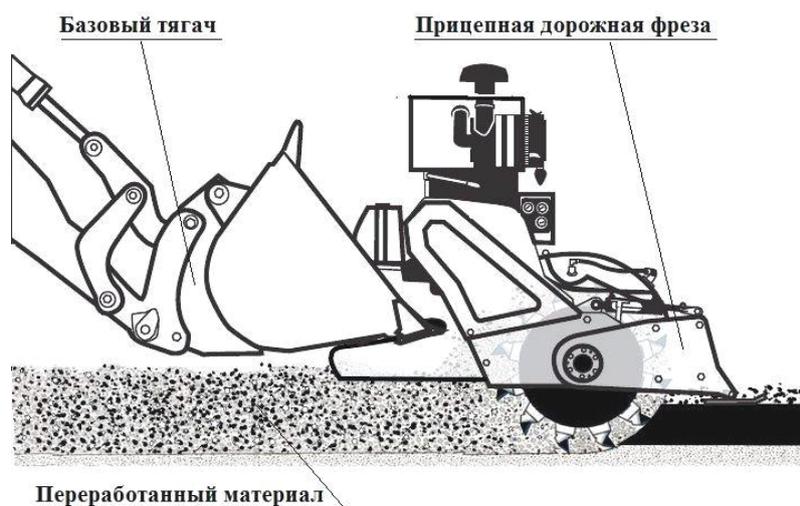


Рис. 1. Схема фронтальной установки прицепной дорожной фрезы

Прицепные дорожные фрезы не получили широкого распространения в дорожном строительстве вследствие нарушения весового баланса базовых тягачей после установки фрезерного блока оборудования. Нарушение весового баланса машины не обеспечивает необходимую ровность и профиль покрытия после фрезерования. Международный опыт показывает, что прицепные фрезы эффективно применяются при укреплении оснований и стабилизации локальных

участков дорог предприятий, организаций и частных лиц, где не требуются большие производственные мощности.

Современные технологии высокоэффективной реконструкции автомобильных дорог заключаются в максимально полном использовании удаленного материала повторно при приготовлении новых строительных смесей для конструкции нового дорожного полотна. Существующие технологии восстановления дорог реализуются системой дорожно-строительных машин в различной кооперации с транспортировкой и приготовлением новых строительных смесей дистанционно (на мобильных или стационарных АБЗ) (рис. 2) или инновационными multifunctional технологическими комплексами оборудования (типа «ресайклер», «ремиксер» или «стабилизатор»), работающими по безотходному принципу (рис. 3).



Рис. 2. Схема работы самоходной дорожной фрезы в комплекте с транспортирующей материал машиной

Машины комплекта «фреза-самосвал» технологически взаимосвязаны и последовательно выполняют рабочие операции процессов рыхления и транспортировки поврежденного материала. Для повышения эффективности данных комплектов техники необходимо установить оптимальные режимы работы существующих машин из условия

обеспечения максимальной эксплуатационной производительности комплекта.

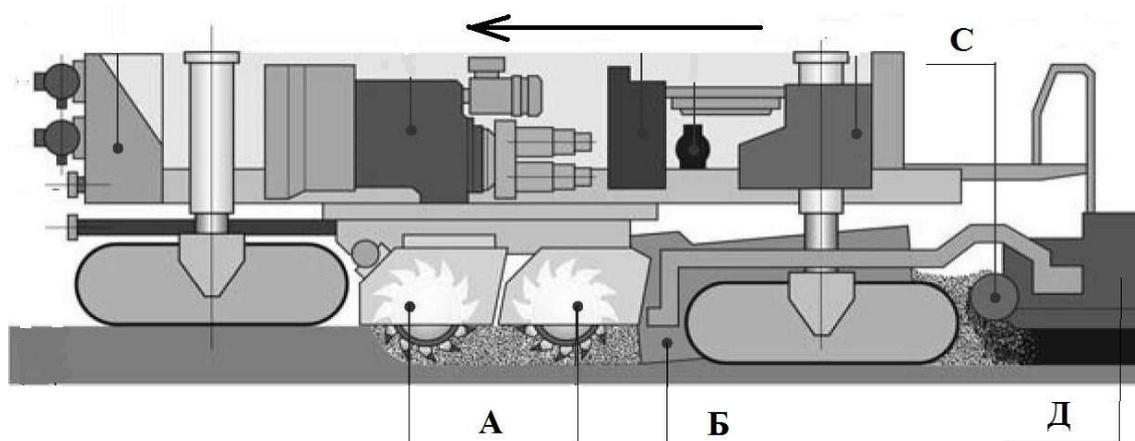


Рис. 3. Схема расположения системы рабочих органов многофункционального технологического комплекса оборудования:  
А – комплект фрезерных барабанов; Б – двуххвальный смеситель принудительного действия; С – шнековой распределитель материала; Д – раздвижной уплотнительный рабочий орган

Современные универсальные дорожные фрезы конструктивно имеют возможность разделения и вторичного выборочного использования материала для приготовления новых асфальтобетонных смесей.

Универсальные дорожные фрезы реализуют безотходные технологии работ по восстановлению дорожного покрытия, разрыхленный материал смешивается в камере фрезерно-смесительного барабана с различными вяжущими и стабилизирующими материалами (цементно-водной суспензией, битумной эмульсией, вспененным битумом, водой и др.). Введение вяжущих веществ осуществляется системой настраиваемых форсунок на всю ширину барабана.

Для удаления поврежденного материала автомобильных дорог используются фрезерные барабаны непрерывного действия с системой сменных режущих элементов. Основные параметры фрезерного рабочего органа являются: радиус фрезы по режущим зубьям  $R_p$ , мощность  $N$ ,

масса  $m$ , ширина фрезы  $B$ , количество зубьев  $n$ . Основные параметры режимов работы фрезерного рабочего органа являются: крутящий момент  $M$ , глубина фрезерования  $h$ , скорость подачи машины  $V_p$ . Схема работы универсальной фрезы представлена на рис. 4. Универсальные фрезы, выполняют в процессе работы фактически две операции разного технологического назначения – операцию рыхления и смешения материала (зоны 1 и 2 на рис. 4). Фрезу следует рассматривать в качестве рабочего органа совмещенного действия.

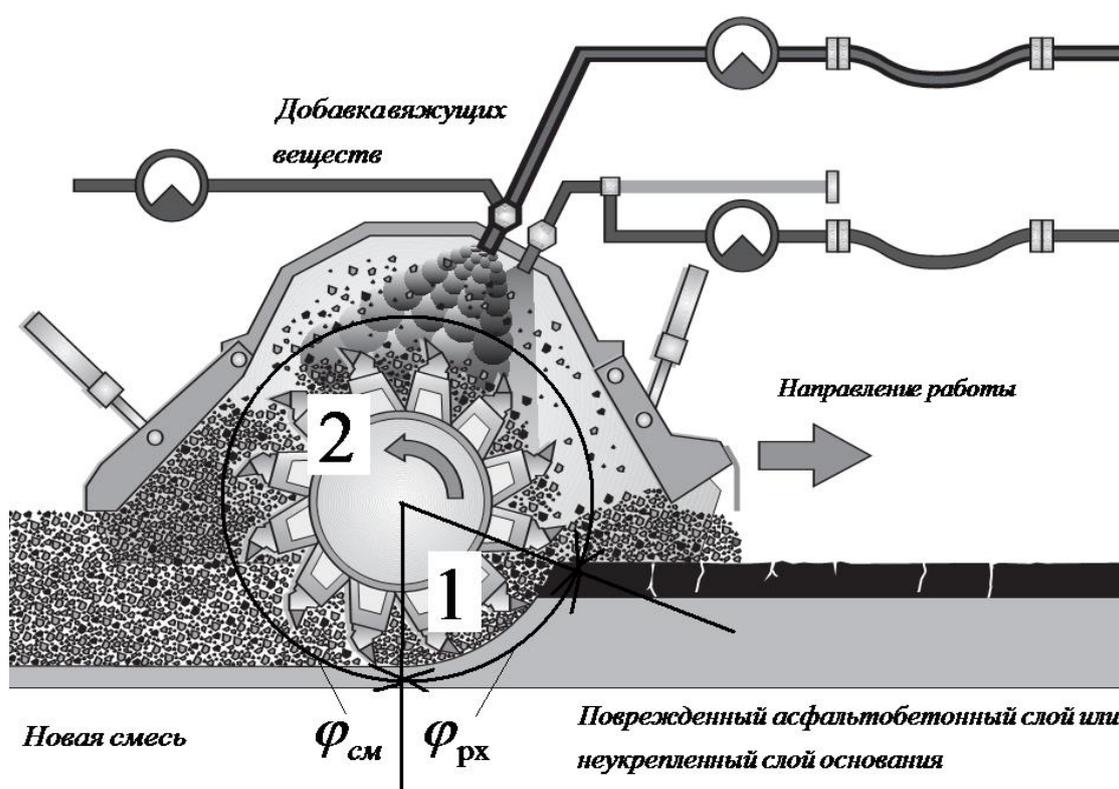


Рис. 4. Схема работы фрезы ресайклера при последовательном выполнении операций рыхления и перемешивания материала:  
1 – зона рыхления материала; 2 – зона смешивания

В системе универсальных рабочих органов многофункционального технологического комплекса и стационарного комплекта «дорожная фреза – грузовой автомобиль» орган фрезерования (фрезерный барабан) является основным и наиболее энергоемким рабочим органом ресайклера, она

отделяет материал от покрытия, разрыхляет, измельчает и гомогенизирует его.

### Эффективность дорожных фрез

Современная методика расчета эксплуатационной эффективности универсальных дорожных фрез, основанная на использовании базовых экспериментальных данных о производительности и корректирующих коэффициентов, носит рекомендационный характер. Существующие методы расчета показателей производительности, представленные в изданиях иностранных компаний WIRTGEN (*Cold milling manual "Technology and application 2013"*) и CATERPILLAR (*Performance Handbook Edition 37, 2007"*) не учитывают ряд особенностей совмещенной работы фрезы.

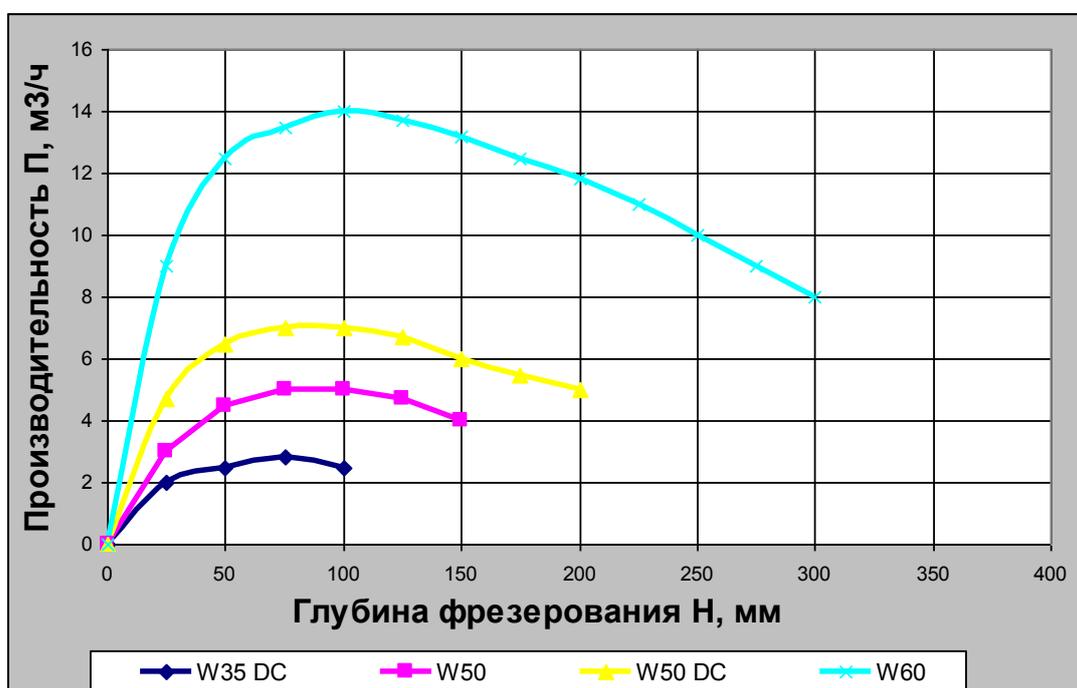


Рис. 5. Зависимость технической производительности машин (1, 2, 3, 4) с известными техническими параметрами ( $N$ ,  $m$ ,  $B$  и т.д.) от расчетной глубины фрезерования

Ориентировочные значения технической производительности машин по объему материала компаниями указываются в технической характеристике в зависимости от глубины фрезерования (рис. 5). Глубина фрезерования характеризует продолжительность операций рыхления и смещения материала.

Зависимости для расчета технической производительности классифицируются по площади, объему и массе разрабатываемого материала:

$$\Pi_s = 1000 \cdot V_p \cdot B, \text{ м}^2/\text{ч}, \quad (1)$$

$$\Pi_v = \Pi_s \cdot h = 1000 \cdot V_p \cdot B \cdot h, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (2)$$

$$\Pi_m = \Pi_v \cdot \rho = 1000 \cdot V_p \cdot B \cdot h \cdot \rho, \text{ т/ч}, \quad (3)$$

где  $V_p$  – скорость фрезерования, км/ч;  $B$  – ширина фрезерного барабана, м;  $h$  – глубина слоя фрезерования, м;  $\rho$  – плотность материала покрытия т/м<sup>3</sup>.

В процессе фрезерования асфальтобетонного покрытия режущие резцы дорожной фрезы фактически разрушают существующие связи между фракциями (минеральными материалами), и не производят дробление зерен материала. Покрытия, изготовленные из смеси с высоким процентным содержанием мелкой фракции, разрабатываются тяжелее, чем покрытия с высоким процентным содержанием крупной фракции. Разработка мелкофракционных смесей высокой плотности требует повышенных затрат тяговой мощности на рабочем органе, что приводит к снижению рабочей скорости, производительности машин и повышенному износу резцов [4].

Глубина фрезерования материала известной прочности определяет количество резцов, одновременно контактирующих с материалом (с учетом основных параметров рабочего органа), затраты мощности силового привода на фрезерование и рабочую скорость фрезерования [3].

Для обеспечения максимальной производительности и минимального износа режущих резцов, фреза должна двигаться с оптимальной рабочей скоростью подачи и иметь оптимальный крутящий момент в зависимости от глубины резания и прочности материала (рис. 6).

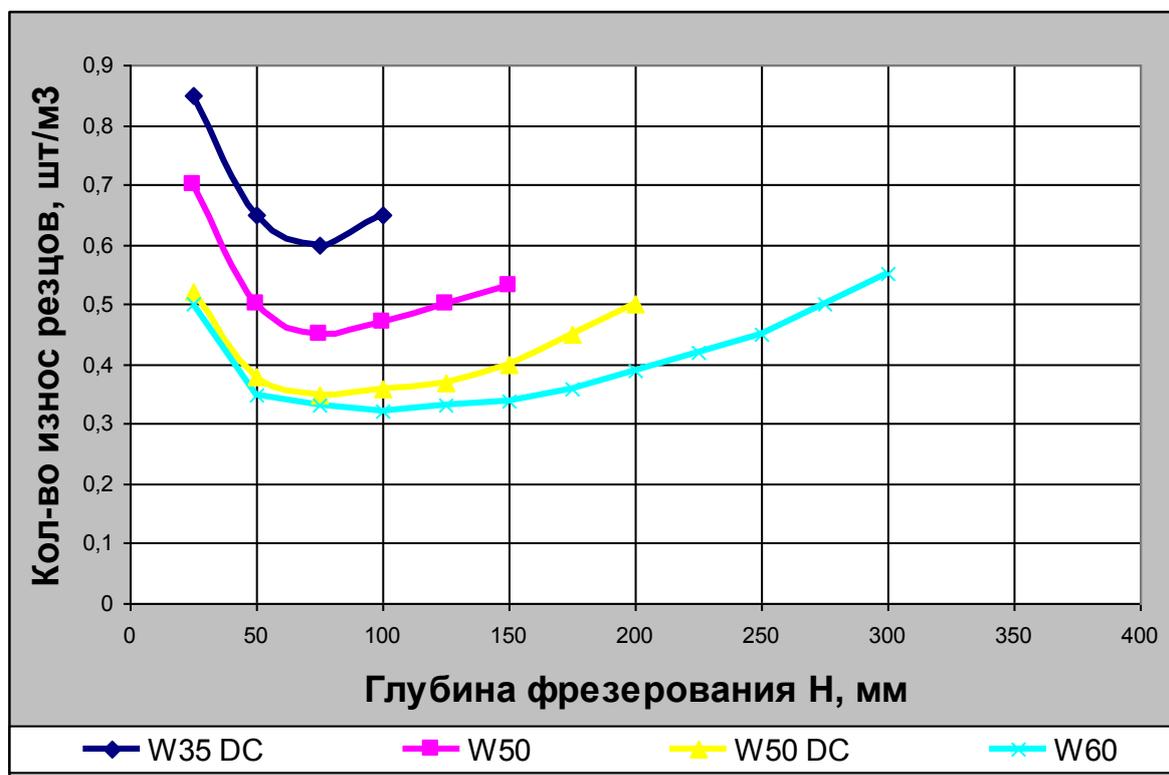


Рис. 6. Зависимость количества изношенных режущих резцов фрез (1, 2, 3, 4) с известными техническими параметрами ( $N$ ,  $t$ ,  $B$  и т.д.) от расчетной глубины фрезерования

На практике оптимальная глубина фрезерования машин с известными техническими параметрами в заданных условиях эксплуатации определяется с учетом износа режущих элементов методом сопоставления приведенных затрат на один глубокий вырез и приведенных затрат на некоторое количество неглубоких проходов. Износ режущих элементов и производительность машины зависят от продолжительности взаимодействия рабочего органа с материалом и возникающих усилий сопротивления материала рыхлению  $W_{px}$ .

Аналитические зависимости (1), (2) и (3) не учитывают влияние возникающих усилий сопротивления материалов на износ режущих элементов и производительность машины. Определение параметров и режимов работы фрезы с учетом особенностей совмещенной работы и возникающих сил сопротивления фрезерованию осуществляется на основании условия равенства аналитических уравнений продолжительности циклов рыхления и смещения [2].

### **Выводы**

Существует много методов повышения эффективности дорожных фрез. Применяются различные типы режущих резцов и резцедержателей, используются сборно-разборные фрезерные барабаны, инновационные фрезерные барабаны с возможностью поперечного смещения «для обхода препятствия», системы охлаждения при фрезеровании, различные системы подачи вяжущих и стабилизирующих веществ в камеру фрезы. Устанавливаются системы нивелирования рабочего оборудования и спутникового позиционирования машины, устанавливаются системы датчиков сплошного контроля уровня фрезерования и скорости подачи ремня на выпускном конвейере для обеспечения оптимальной загрузки грузового автомобиля и др.

Для повышения технической производительности необходимо разработать методику оптимизации параметров и режимов работы дорожных фрез, обеспечивающие минимальную продолжительность рабочих операций в зависимости от типа разрабатываемого материала и условий эксплуатации при минимальной энергоемкости процесса и минимальном износе режущих элементов. Основные параметры оборудования и режимов работы, в отношении которых проводится оптимизация: масса, мощность, скорость подачи машины, крутящий момент и глубина фрезерования.

Разработка единой методики оптимизации основных технических параметров дорожных фрез и режимов работы в зависимости от условий эксплуатации способствуют развитию технологии скоростного строительства и реконструкции и дальнейшему созданию высокопроизводительных технологических комплексов дорожно-строительного оборудования для строительства и реконструкции автомобильных дорог. Оптимизация режимов работы с целью снижения удельного износа режущих элементов обеспечит минимальные значения показателей себестоимости машиночаса работы дорожной фрезы. В совокупности рассмотренные методы оптимизации обеспечивают повышение эффективности дорожных фрез по комплексному показателю себестоимости единицы продукции.

### Литература

1. Баловнев В.И. Многоцелевые дорожно-строительные и технологические машины: учеб. пособие. Омск – Москва: ОАО «Омский дом печати», 2006. 320 с.
2. Баловнев В.И. Оценка инновационных предложений в дорожной и строительной технике: учеб. пособие. М.: МАДИ(ГТУ), 2008. 100 с.
3. Справочник WIRTGEN Cold milling manual “Technology and application 2013”.
4. Справочник CATERPILLAR (“Performance Handbook Edition 37, 2007”).

### References

1. Balovnev V.I. Mnogocelevye dorozhno-stroitel'nye i tehnologicheskie mashiny, Omsk, Moscow, 2006, 320 p.
2. Balovnev V.I. Ocenka innovacionnyh predlozhenij v dorozhnoj i stroitel'noj tehnike, Moscow, MADI(GTU), 2008, 100 p.

3. Spravochnik WIRTGEN Cold milling manual “Technology and application 2013”.

4. Spravochnik CATERPILLAR (“Performance Handbook Edition 37, 2007”).

**N. Seliverstov**

*Effective methods of cold milling pavement*

**Abstract.** The technologies of cold milling pavement, used machinery and equipment are described in the article. The main methods of increasing the efficiency of production processes of modern milling machines are determined. Set of parameters, that must be optimized advisable depending on the operating conditions and modes of operation, is defined.

**Key words:** rehabilitation, milling, milling machines, efficiency, cycle life, cutting tool.