

СЕПАРАЦИЯ СЛЮДЯНОГО СЫРЬЯ НА ВИБРОДЕКЕ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ПО ДЛИНЕ ДЕКИ АМПЛИТУДОЙ КОЛЕБАНИЙ

Рассматриваются результаты экспериментального исследования процесса вибрационной сепарации слюдяного сырья на вибродеке с изменяющейся по длине деки амплитудой колебаний. Оцениваются эффективность и качество процесса вибросепарации при различных режимах неравномерного движения деки, экспериментально уточняется закон движения деки.

Ключевые слова: вибрационная сепарация, центробежные силы, дека, минеральное сырье, качество, производительность, амплитуда, равномерное движение

На настоящий момент достаточно хорошо изучены в теоретическом и экспериментальном плане процессы вибрационной сепарации на деке, совершающей равномерное движение с одинаковой во всех точках рабочей поверхности амплитудой колебаний. Однако, как показывает практика, при определенных условиях дека может совершать неравномерное движение, при котором амплитуда колебаний будет переменной величиной по длине деки.

Такой эффект может наблюдаться, например, при использовании центробежного вибропривода и винтовых упругих элементов, когда плоскость действия центробежной силы вибраторов не проходит через центр тяжести рабочего органа [1]. При этом качество сепарации может существенно снижаться [2]. С другой стороны, известны предположения о том, что путем использования неравномерного режима движения деки при определенных параметрах работы можно повысить эффективность и производительность вибросепаратора. Однако закономерности данных процессов вибросепарации являются практически неизученными. Для их выявления и анализа были выполнены экспериментальные исследования, которые

проводились на лабораторном вибросепараторе [3].

Для определения закона движения виброоргана использовался комплект измерительной аппаратуры: программное обеспечение ZETLab, двухканальный анализатор спектра А17-У2 и вибропреобразователи АР98 (рис. 1), которые устанавливались попарно, в нормальном и касательном направлении (по отношению к рабочей поверхности деки), в верхней и нижней части вибро-

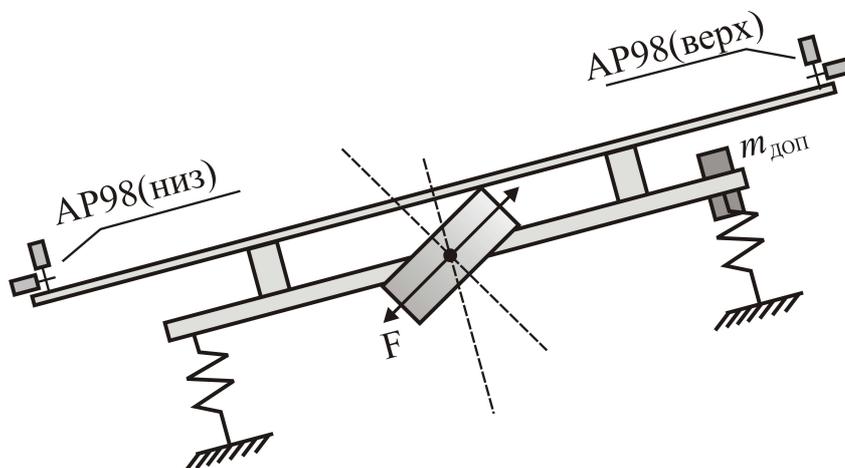


Рис.1. Схема деки вибросепаратора

деки. Измеряемыми параметрами вибрации являлись нормальная и касательная (по отношению к рабочей поверхности деки) проекции амплитуды колебаний деки в верхней и нижней ее части. На основе данной информации рассчитывались угол вибрации и амплитуда колебаний:

* – автор, с которым следует вести переписку

$$A = \sqrt{A_X^2 + A_Y^2}; \quad \beta = \text{arctg}(A_Y / A_X).$$

В экспериментах использовалось мелкозернистое слюдяное сырье класса – 20+0 мм, на основе которого было подготовлено несколько искусственных смесей. Данные смеси хорошо разделяются на вибросепараторе на две фракции. Условно в качестве ценного компонента рассматривалась мелкая фракция, крупность которой составляла –1,0+0,2 или –1,0+0. Фракционный состав крупной фракции –2,5+1,6 или –20+2,5.

Опыты проводились в двух вариантах исполнения. При определении показателей процесса обогащения проба материала подавалась на виброорган равномерным непрерывным потоком для обеспечения качественного процесса разделения. При выполнении фото- и видеосъемки для более четкого отслеживания траекторий движения частиц исходный материал подавался небольшой разовой порцией.

Было рассмотрено четыре режима неравномерного движения деки. На одной части деки (вверху или внизу) обеспечивалась оптимальная амплитуда колебаний (при равномерном движении деки и $n=1700$ кол/мин для рассматриваемого сырья она составляет $A \approx 0,6$ мм [4]). На другой части деки амплитуда колебаний устанавливалась больше или меньше оптимального значения. Заданный режим неравномерного движения деки обеспечивался путем изменения массы дополнительного груза (рис. 1) и соответствующей разбалансировкой деки. Амплитуда колебаний деки изменялась путем регулировки центробежной силы вибраторов.

Рассмотрим результаты, полученные на разных режимах неравномерного движения деки. Полная амплитуда колеба-

ний в нижней части деки имела близкое к оптимальному значение ($A=0,63$ мм), в верхней части амплитуда меньше ($A=0,43$ мм). При этом угол вибрации в верхней части деки составлял $\beta = 12^\circ$, в нижней части – $\beta = 53^\circ$.

При данном режиме наблюдается нарушение процесса разделения минерального сырья вследствие малого вертикального ускорения виброоргана в его верхней части. Материал подается в нижнюю левую часть деки. В процессе вибросепарации движение минерального сырья в верхней части виброоргана практически прекращается (рис. 2). Под действием поперечного наклона деки материал медленно смещается к правому краю деки и попадает в боковые приемные ячейки. Данный режим нельзя рекомендовать к практическому использованию, так как процесс движения материала в верхней части деки протекает очень медленно, поэтому неизбежно скопление исходного материала на вибродеке при его непрерывной подаче.

С целью увеличения амплитуды колебаний деки по всей длине (при сохранении данной неравномерности ее движения) была увеличена центробежная сила вибраторов. В результате, полная амплитуда колебаний в верхней части виброоргана составила $A=0,67$ мм ($\beta = 14^\circ$), в нижней части – $A=0,97$ мм ($\beta = 56^\circ$). Однако вертикальное ускорение деки в верхней части виброоргана по-прежнему остается недостаточным. Скорость движения частиц в верхней части деки значительно снижается, вследствие чего мелкие частицы движутся в сторону верхних приемных ячеек очень медленно (рис. 3).

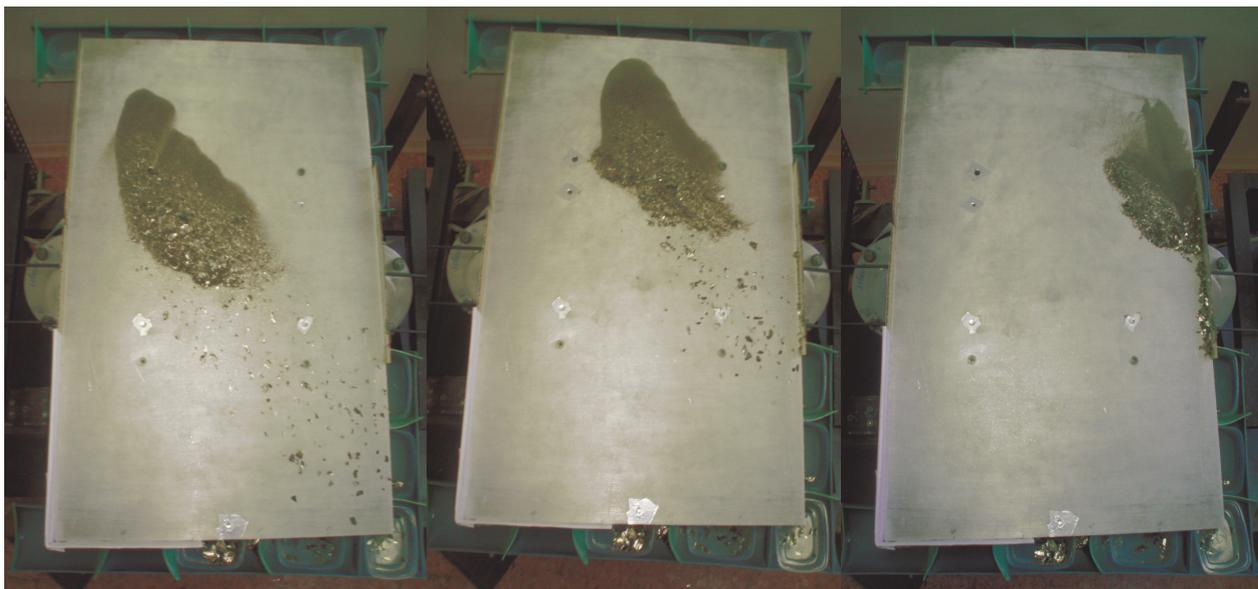


Рис.2. Процесс вибрационной сепарации при амплитуде колебаний $A_{\text{верх}}=0,43\text{мм}$, $A_{\text{низ}}=0,63\text{мм}$

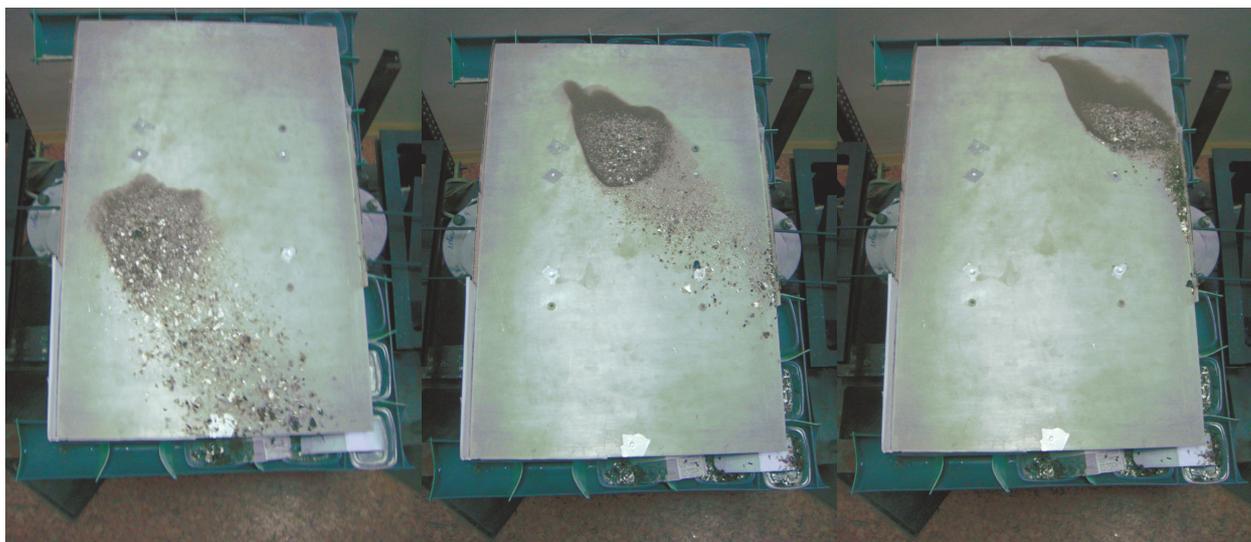


Рис.3. Процесс вибрационной сепарации при амплитуде колебаний $A_{\text{верх}}=0,67\text{мм}$, $A_{\text{низ}}=0,97\text{мм}$

Анализ полученных результатов и видеосъемки свидетельствует о том, что при существенном увеличении амплитуды колебаний деки недостатки предыдущего режима сепарации в целом не устранены, что также не позволяет рекомендовать данный режим работы к практическому использованию. При этом более интенсивный режим движения нижней части деки приводит к снижению качества сепарации, так как крупные частицы попадают в верхние приемные ячейки, засоряя мелкий класс.

Амплитуда колебаний верхней части деки превышает амплитуду колебаний нижней ее части. Полная амплитуда колебаний в верхней части виброоргана составляет $A=0,95\text{ мм}$ ($\beta = 44^\circ$), а полная амплитуда колебаний в нижней части – $A=0,60\text{ мм}$ ($\beta = 23^\circ$). При данном режиме наблюдается широкий веер движения частиц минеральной смеси (рис. 4). Крупная фракция попадает в нижние приемные ячейки, мелкая фракция, вследствие большего вертикального ускорения в верхней части деки, приобрета-

ет большую скорость движения и попадает в верхние приемные ячейки.

Данный режим характеризуется высоким качеством и производительностью процесса вибросепарации. Частицы быстро удаляются от места подачи материала, распределяясь по траекториям движения в зависимости от крупности, образуя широкий веер траекторий. По мере движения частиц вверх по деке скорость быстро увеличивается. Таким образом, более интенсивный режим движения частиц позволяет увеличить производительность сепаратора без потери качества.

Амплитуда колебаний вверху деки $A=0,63$ мм, внизу – $A=0,39$ мм. Вертикальное ускорение в нижней части виброоргана значительно ниже ускорения

свободного падения, в связи с чем происходит нарушение процесса разделения минеральной смеси, и практически вся масса минеральной смеси после ее подачи на виброорган поступает в нижние приемные ячейки. Обобщая результаты исследования, можно сделать следующие выводы. Использование режима неравномерного движения деки при определенных условиях позволяет повысить производительность сепаратора и качество разделения. Уменьшение амплитуды колебаний деки не приводит к положительным результатам. К практическому использованию можно рекомендовать вариант неравномерного движения деки, при котором амплитуда колебаний верхней части деки больше, чем нижней.

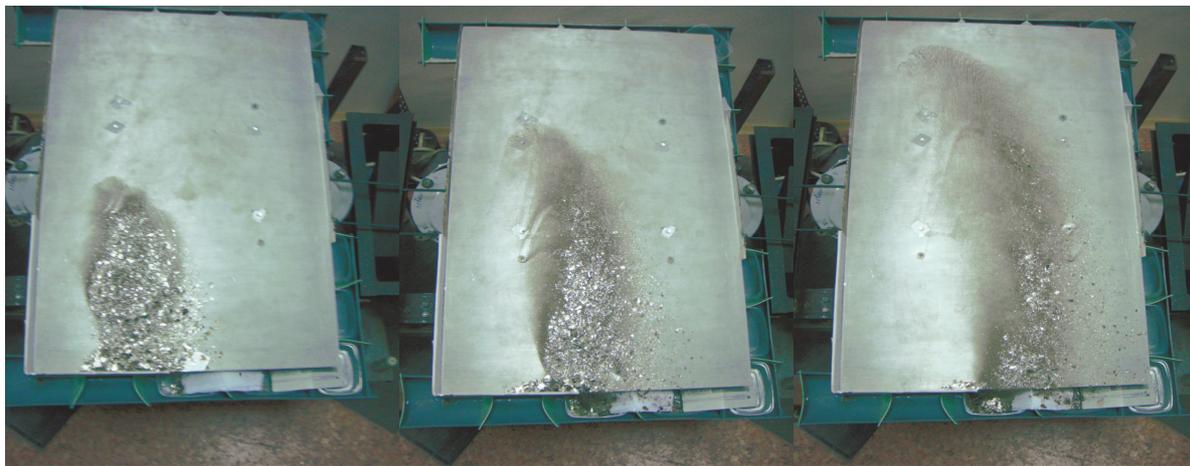


Рис.4. Процесс вибрационной сепарации при амплитуде колебаний $A_{\text{верх}}=0,95$ мм, $A_{\text{низ}}=0,60$ мм

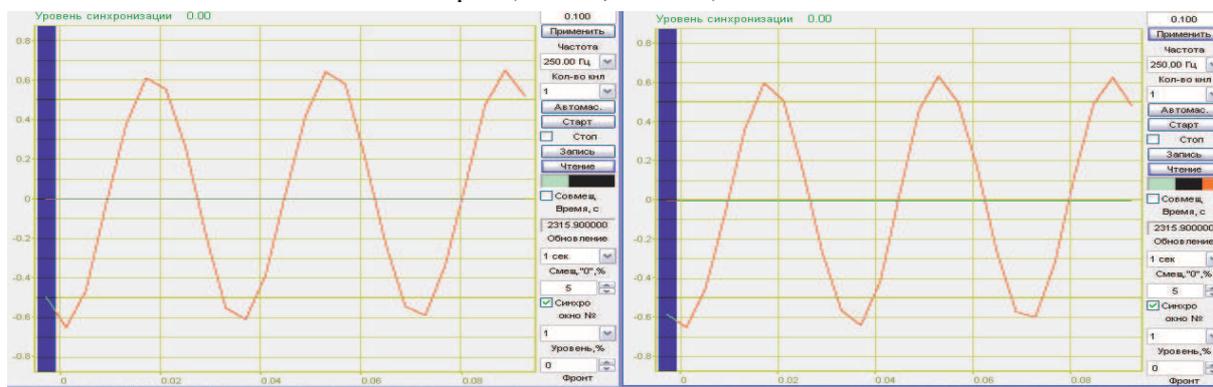


Рис.5. Осциллограмма виброперемещения в верхней части деки в касательном и нормальном направлении

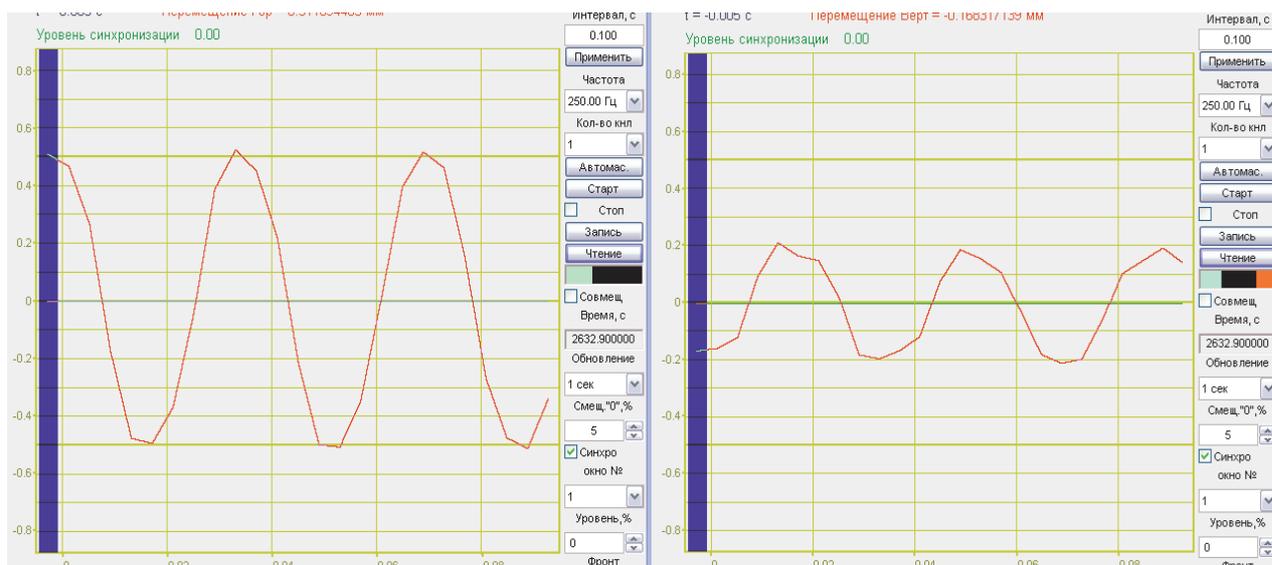


Рис.6. Осциллограмма виброперемещения в нижней части деки в касательном и нормальном направлении

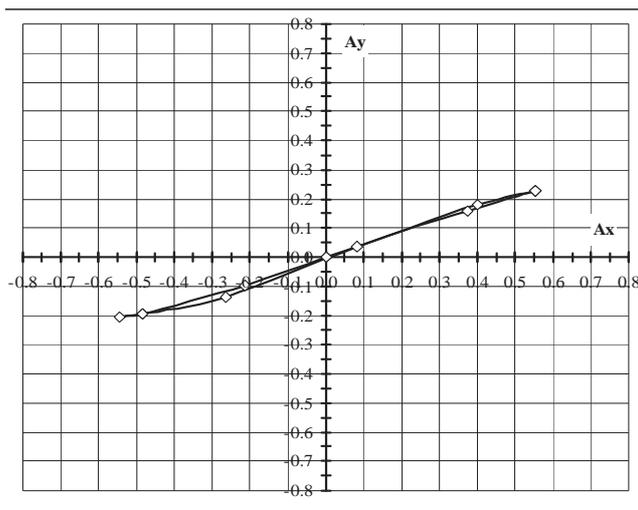


Рис.7. Траектория движения деки в нижней части

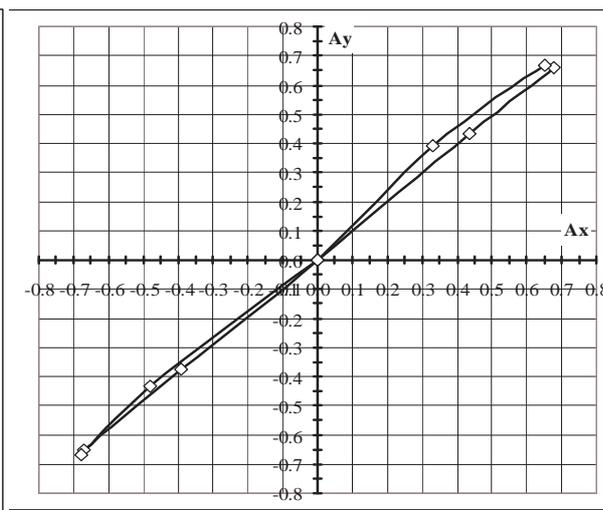


Рис.8. Траектория движения деки в верхней части

При этом режим движения нижней части деки должен соответствовать оптимальному режиму, установленному для случая равномерного движения деки. Амплитуда колебаний верхней части деки увеличивается на 40-60 % путем смещения центра тяжести подвижной части сепаратора выше линии действия центробежной силы вибраторов. Применительно к используемому слюдяному сырью, пол-

ная амплитуда колебаний в верхней части виброоргана составляла $A=0,95$ мм

($A_x = 0,68$ мм, $A_y = 0,66$ мм, $\beta = 44^\circ$), а полная амплитуда колебаний в нижней части виброоргана – $A=0,60$ мм

($A_x = 0,55$ мм, $A_y = 0,23$ мм, $\beta = 23^\circ$)

Поскольку при разбалансировке изменяется не только амплитуда колебаний деки, но и угол вибрации, было решено провести дополнительные эксперимен-

тальные исследования для уточнения фактического закона движения вибротреки. При условии равномерного движения деки, закон движения при использовании центробежного вибропривода – прямолинейно направленные колебания.

Осциллограммы виброперемещения деки в верхней и нижней части приводятся на рис. 5, 6. С помощью полученных осциллограмм для наглядности были построены графики перемещения деки в осях $A_x - A_y$ (рис. 7, 8). Графики показывают, что закон движения вибротреки практически совпадает с прямолинейно направленным движением.

При этом наблюдаются следующие закономерности движения деки, полученные экспериментально [1]. Если вертикальная проекция амплитуды колебаний в верхней части деки существенно превышает амплитуду колебаний в нижней ее части, то центр тяжести подвижной части вибросепаратора смещен вверх относительно плоскости действия вынуждающей силы вибраторов. При увеличении массы дополнительного груза, установленного ниже плоскости действия центробежной силы вибраторов, вертикальная проекция амплитуды колебаний рабочего органа выравнивается по длине деки. Аналогичным образом изменяются полная амплитуда колебаний и угол вибрации. Каса-

тельная проекция амплитуды колебаний практически не изменяется в верхней и нижней части деки.

Литература

1. Лапшин В. Л., Демаков Е. И., Тельнов Н. В. Исследование неравномерности движения деки вибросепаратора // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2008. С. 214 – 219.
2. Лапшин В. Л., Демаков Е. И., Тельнов Н. В. Влияние неравномерности движения деки на процесс вибросепарации минерального сырья // XI Междунар. конф. (МК-6) «Современные технологии освоения минеральных ресурсов». Красноярск, 2008. С. 231-237.
3. Демаков Е. И. Лабораторный вибрационный сепаратор с инерционным виброприводом // Вестн. ИрГТУ. 2007. Т. 2, № 1 (29). С. 14–17.
4. Лапшин В.Л., Тельнов Н. В. Исследование влияния амплитуды колебаний деки на процесс вибросепарации слюдяного сырья // Горн. информ.-аналит. бюл. М. : Изд-во Моск. горн. ун-та, 2010. № 6. С. 251-265.

УДК 621.375.8

*В.И. Шастин, С.В. Елисейев**

РАЗВИТИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СРЕДЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Рассматриваются возможности активизации в использовании лазерных технологий. Определяются перспективные направления применения лазеров. Показано, что эффективность лазерных технологий во многом определяется возможностями формирования среды в зоне взаимодействия лазера с поверхностью: технологии восстановления поверхностей, закалка и др.

Ключевые слова: *лазерные технологии, лазерная обработка, восстановление поверхностей, закалка*

* – автор, с которым следует вести переписку