

Диаметр фрезы из твёрдого сплава	Обороты шпинделя	Горизонтальная подача при определённом количестве ножей у торцевой прямой фрезы			
		1 нож:	2 ножа:	3 ножа:	4 ножа:
0.1мм	24000 об/мин	44 мм/мин	83 мм/мин	125 мм/мин	-
	21000 об/мин	38 мм/мин	72 мм/мин	109 мм/мин	-
0.2мм	24000 об/мин	67 мм/мин	127 мм/мин	180 мм/мин	-
	21000 об/мин	59 мм/мин	111 мм/мин	150 мм/мин	-
0.3мм	24000 об/мин	121 мм/мин	230 мм/мин	320 мм/мин	-
	21000 об/мин	106 мм/мин	201 мм/мин	290 мм/мин	-
0.35мм	24000 об/мин	141 мм/мин	268 мм/мин	370 мм/мин	-
	21000 об/мин	124 мм/мин	235 мм/мин	330 мм/мин	-
0.4мм	24000 об/мин	162 мм/мин	306 мм/мин	434 мм/мин	544 мм/мин
	21000 об/мин	142 мм/мин	268 мм/мин	380 мм/мин	477 мм/мин
	18000 об/мин	121 мм/мин	230 мм/мин	325 мм/мин	408 мм/мин
0.5мм	24000 об/мин	202 мм/мин	383 мм/мин	542 мм/мин	595 мм/мин
	21000 об/мин	177 мм/мин	335 мм/мин	475 мм/мин	681 мм/мин
	18000 об/мин	152 мм/мин	287 мм/мин	407 мм/мин	510 мм/мин
0.6мм	24000 об/мин	243 мм/мин	460 мм/мин	651 мм/мин	817 мм/мин
	21000 об/мин	212 мм/мин	402 мм/мин	570 мм/мин	715 мм/мин
	18000 об/мин	182 мм/мин	344 мм/мин	488 мм/мин	612 мм/мин
0.79мм и 0.8мм	24000 об/мин	320 мм/мин	605 мм/мин	857 мм/мин	1075 мм/мин
	21000 об/мин	280 мм/мин	530 мм/мин	750 мм/мин	940 мм/мин
	18000 об/мин	242 мм/мин	459 мм/мин	650 мм/мин	816 мм/мин
1.0мм	24000 об/мин	404 мм/мин	766 мм/мин	1085 мм/мин	1361 мм/мин
	21000 об/мин	354 мм/мин	670 мм/мин	949 мм/мин	1191 мм/мин
	18000 об/мин	303 мм/мин	575 мм/мин	814 мм/мин	1021 мм/мин
	15000 об/мин	252 мм/мин	478 мм/мин	677 мм/мин	850 мм/мин
1.19мм и 1.2мм	24000 об/мин	481 мм/мин	911 мм/мин	1291 мм/мин	1620 мм/мин
	21000 об/мин	421 мм/мин	797 мм/мин	1130 мм/мин	1417 мм/мин
	18000 об/мин	361 мм/мин	683 мм/мин	968 мм/мин	1215 мм/мин
	15000 об/мин	303 мм/мин	574 мм/мин	813 мм/мин	1020 мм/мин
1.5мм	24000 об/мин	606 мм/мин	1148 мм/мин	1627 мм/мин	2041 мм/мин
	21000 об/мин	530 мм/мин	1005 мм/мин	1424 мм/мин	1786 мм/мин
	18000 об/мин	455 мм/мин	861 мм/мин	1220 мм/мин	1531 мм/мин
	15000 об/мин	379 мм/мин	717 мм/мин	1017 мм/мин	1276 мм/мин
1.59мм	24000 об/мин	643 мм/мин	1218 мм/мин	1726 мм/мин	2165 мм/мин
	21000 об/мин	563 мм/мин	1066 мм/мин	1510 мм/мин	1895 мм/мин
	18000 об/мин	482 мм/мин	914 мм/мин	1294 мм/мин	1624 мм/мин
	15000 об/мин	402 мм/мин	761 мм/мин	1078 мм/мин	1353 мм/мин
2.0мм	24000 об/мин	875 мм/мин	1658 мм/мин	2348 мм/мин	2946 мм/мин
	21000 об/мин	765 мм/мин	1450 мм/мин	2054 мм/мин	2578 мм/мин
	18000 об/мин	656 мм/мин	1243 мм/мин	1761 мм/мин	2210 мм/мин

	15000 об/мин	547 мм/мин	1036 мм/мин	1467 мм/мин	1841 мм/мин
<u>2.35мм и 2.38мм</u>	24000 об/мин	1073 мм/мин	2033 мм/мин	2879 мм/мин	3613 мм/мин
	21000 об/мин	939 мм/мин	1778 мм/мин	2520 мм/мин	3161 мм/мин
	18000 об/мин	805 мм/мин	1525 мм/мин	2160 мм/мин	2710 мм/мин
	15000 об/мин	674 мм/мин	1277 мм/мин	1809 мм/мин	2270 мм/мин
<u>3.0мм</u>	24000 об/мин	1440 мм/мин	2729 мм/мин	3866 мм/мин	4852 мм/мин
	21000 об/мин	1260 мм/мин	2388 мм/мин	3383 мм/мин	4245 мм/мин
	18000 об/мин	1080 мм/мин	2047 мм/мин	2900 мм/мин	3639 мм/мин
	15000 об/мин	900 мм/мин	1706 мм/мин	2416 мм/мин	3032 мм/мин
	12000 об/мин	720 мм/мин	1364 мм/мин	1933 мм/мин	2426 мм/мин
	9000 об/мин	540 мм/мин	1023 мм/мин	1450 мм/мин	1819 мм/мин
	6000 об/мин	360 мм/мин	682 мм/мин	966 мм/мин	1212 мм/мин
	3000 об/мин	180 мм/мин	341 мм/мин	483 мм/мин	606 мм/мин
<u>3.175мм</u>	24000 об/мин	1540 мм/мин	2916 мм/мин	4132 мм/мин	5185 мм/мин
	21000 об/мин	1347 мм/мин	2551 мм/мин	3615 мм/мин	4537 мм/мин
	18000 об/мин	1155 мм/мин	2188 мм/мин	3099 мм/мин	3888 мм/мин
	15000 об/мин	962 мм/мин	1823 мм/мин	2582 мм/мин	3240 мм/мин
	12000 об/мин	770 мм/мин	1458 мм/мин	2066 мм/мин	2592 мм/мин
	9000 об/мин	577 мм/мин	1094 мм/мин	1549 мм/мин	1944 мм/мин
	6000 об/мин	385 мм/мин	729 мм/мин	1033 мм/мин	1296 мм/мин
	3000 об/мин	192 мм/мин	365 мм/мин	516 мм/мин	648 мм/мин
<u>4.0мм</u>	24000 об/мин	2081 мм/мин	3944 мм/мин	5587 мм/мин	7010 мм/мин
	21000 об/мин	1821 мм/мин	3450 мм/мин	4888 мм/мин	6134 мм/мин
	18000 об/мин	1561 мм/мин	2958 мм/мин	4190 мм/мин	5258 мм/мин
	15000 об/мин	1300 мм/мин	2465 мм/мин	3492 мм/мин	4382 мм/мин
	12000 об/мин	1040 мм/мин	1972 мм/мин	2793 мм/мин	3505 мм/мин
	9000 об/мин	780 мм/мин	1479 мм/мин	2095 мм/мин	2629 мм/мин
	6000 об/мин	520 мм/мин	986 мм/мин	1397 мм/мин	1753 мм/мин
	3000 об/мин	260 мм/мин	493 мм/мин	698 мм/мин	876 мм/мин
<u>4.76мм</u>	24000 об/мин	2666 мм/мин	5050 мм/мин	7156 мм/мин	8980 мм/мин
	21000 об/мин	2333 мм/мин	4420 мм/мин	6262 мм/мин	7857 мм/мин
	18000 об/мин	1999 мм/мин	3789 мм/мин	5367 мм/мин	6735 мм/мин
	15000 об/мин	1666 мм/мин	3157 мм/мин	4473 мм/мин	5613 мм/мин
	12000 об/мин	1333 мм/мин	2526 мм/мин	3578 мм/мин	4490 мм/мин
	9000 об/мин	999 мм/мин	1894 мм/мин	2684 мм/мин	3368 мм/мин
	6000 об/мин	666 мм/мин	1263 мм/мин	1789 мм/мин	2245 мм/мин
	3000 об/мин	333 мм/мин	631 мм/мин	895 мм/мин	1122 мм/мин
<u>5.0мм</u>	24000 об/мин	3108 мм/мин	5890 мм/мин	8344 мм/мин	10470 мм/мин
	21000 об/мин	2720 мм/мин	5153 мм/мин	7300 мм/мин	9162 мм/мин
	18000 об/мин	2331 мм/мин	4417 мм/мин	6258 мм/мин	7853 мм/мин
	15000 об/мин	1943 мм/мин	3681 мм/мин	5215 мм/мин	6544 мм/мин
	12000 об/мин	1555 мм/мин	2945 мм/мин	4172 мм/мин	5235 мм/мин
	9000 об/мин	1166 мм/мин	2209 мм/мин	3129 мм/мин	3926 мм/мин
	6000 об/мин	777 мм/мин	1472 мм/мин	2086 мм/мин	2618 мм/мин

	3000 об/мин	388 мм/мин	736 мм/мин	1043 мм/мин	1308 мм/мин
<u>6.0мм</u>	24000 об/мин	4338 мм/мин	8212 мм/мин	11645 мм/мин	14612 мм/мин
	21000 об/мин	3796 мм/мин	7192 мм/мин	10189 мм/мин	12786 мм/мин
	18000 об/мин	3254 мм/мин	6165 мм/мин	8734 мм/мин	10960 мм/мин
	15000 об/мин	2712 мм/мин	5138 мм/мин	7278 мм/мин	9133 мм/мин
	12000 об/мин	2169 мм/мин	4110 мм/мин	5822 мм/мин	7307 мм/мин
	9000 об/мин	1626 мм/мин	3082 мм/мин	4367 мм/мин	5480 мм/мин
	6000 об/мин	1085 мм/мин	2055 мм/мин	2911 мм/мин	3653 мм/мин
	3000 об/мин	542 мм/мин	1028 мм/мин	1455 мм/мин	1827 мм/мин
<u>6.35мм</u>	24000 об/мин	4515 мм/мин	8555 мм/мин	12119 мм/мин	15208 мм/мин
	21000 об/мин	3951 мм/мин	7485 мм/мин	10604 мм/мин	13307 мм/мин
	18000 об/мин	3386 мм/мин	6416 мм/мин	9089 мм/мин	11406 мм/мин
	15000 об/мин	2822 мм/мин	5347 мм/мин	7575 мм/мин	9505 мм/мин
	12000 об/мин	2258 мм/мин	4277 мм/мин	6060 мм/мин	7604 мм/мин
	9000 об/мин	1693 мм/мин	3208 мм/мин	4545 мм/мин	5703 мм/мин
	6000 об/мин	1129 мм/мин	2139 мм/мин	3030 мм/мин	3802 мм/мин
	3000 об/мин	564 мм/мин	1070 мм/мин	1515 мм/мин	1901 мм/мин
<u>7.95мм и 8.0мм</u>	24000 об/мин	5355 мм/мин	10146 мм/мин	14374 мм/мин	18038 мм/мин
	21000 об/мин	4686 мм/мин	8878 мм/мин	12577 мм/мин	15784 мм/мин
	18000 об/мин	4016 мм/мин	7610 мм/мин	10781 мм/мин	13528 мм/мин
	15000 об/мин	3347 мм/мин	6342 мм/мин	8984 мм/мин	11274 мм/мин
	12000 об/мин	2678 мм/мин	5073 мм/мин	7187 мм/мин	9019 мм/мин
	9000 об/мин	2008 мм/мин	3805 мм/мин	5390 мм/мин	6764 мм/мин
	6000 об/мин	1339 мм/мин	2537 мм/мин	3594 мм/мин	4510 мм/мин
	3000 об/мин	668 мм/мин	1265 мм/мин	1793 мм/мин	2250 мм/мин
<u>10мм</u>	24000 об/мин	5869 мм/мин	11120 мм/мин	15754 мм/мин	19770 мм/мин
	21000 об/мин	5135 мм/мин	9730 мм/мин	13785 мм/мин	17298 мм/мин
	18000 об/мин	4402 мм/мин	8340 мм/мин	11815 мм/мин	14827 мм/мин
	15000 об/мин	3668 мм/мин	6950 мм/мин	9846 мм/мин	12356 мм/мин
	12000 об/мин	2935 мм/мин	5560 мм/мин	7877 мм/мин	9885 мм/мин
	9000 об/мин	2200 мм/мин	4170 мм/мин	5908 мм/мин	7114 мм/мин
	6000 об/мин	1467 мм/мин	2780 мм/мин	3939 мм/мин	4942 мм/мин
	3000 об/мин	734 мм/мин	1390 мм/мин	1969 мм/мин	2471 мм/мин
<u>12мм</u>	24000 об/мин	5812 мм/мин	10011 мм/мин	15600 мм/мин	19576 мм/мин
	21000 об/мин	5588 мм/мин	10588 мм/мин	15000 мм/мин	18823 мм/мин
	18000 об/мин	4790 мм/мин	9075 мм/мин	12857 мм/мин	16134 мм/мин
	15000 об/мин	3991 мм/мин	7563 мм/мин	10714 мм/мин	13445 мм/мин
	12000 об/мин	3193 мм/мин	6050 мм/мин	8571 мм/мин	10756 мм/мин
	9000 об/мин	2395 мм/мин	4538 мм/мин	6428 мм/мин	8067 мм/мин
	6000 об/мин	1597 мм/мин	3025 мм/мин	4286 мм/мин	5378 мм/мин
	3000 об/мин	798 мм/мин	1513 мм/мин	2143 мм/мин	2689 мм/мин
<u>12.7мм</u>	24000 об/мин	5647 мм/мин	10700 мм/мин	15158 мм/мин	19021 мм/мин
	21000 об/мин	5220 мм/мин	9800 мм/мин	14000 мм/мин	17500 мм/мин
	18000 об/мин	4925 мм/мин	9332 мм/мин	13221 мм/мин	16591 мм/мин

	15000 об/мин	4105 мм/мин	7777 мм/мин	11017 мм/мин	13826 мм/мин
	12000 об/мин	3284 мм/мин	6222 мм/мин	8814 мм/мин	11061 мм/мин
	9000 об/мин	2463 мм/мин	4666 мм/мин	6610 мм/мин	8295 мм/мин
	6000 об/мин	1642 мм/мин	3111 мм/мин	4407 мм/мин	5530 мм/мин
	3000 об/мин	821 мм/мин	1555 мм/мин	2203 мм/мин	2765 мм/мин
14мм					
	15000 об/мин	4420 мм/мин	8374 мм/мин	11863 мм/мин	14887 мм/мин
	12000 об/мин	3535 мм/мин	6699 мм/мин	9491 мм/мин	11909 мм/мин
	9000 об/мин	2652 мм/мин	5024 мм/мин	7117 мм/мин	8932 мм/мин
	6000 об/мин	1768 мм/мин	3350 мм/мин	4745 мм/мин	5955 мм/мин
	3000 об/мин	884 мм/мин	1675 мм/мин	2373 мм/мин	2977 мм/мин
16мм					
	15000 об/мин	4884 мм/мин	9254 мм/мин	13110 мм/мин	16452 мм/мин
	12000 об/мин	3907 мм/мин	7403 мм/мин	10488 мм/мин	13161 мм/мин
	9000 об/мин	2930 мм/мин	5553 мм/мин	7866 мм/мин	9871 мм/мин
	6000 об/мин	1954 мм/мин	3702 мм/мин	5244 мм/мин	6580 мм/мин
	3000 об/мин	977 мм/мин	1850 мм/мин	2622 мм/мин	3290 мм/мин

В таблице ниже, предпринята попытка облегчить жизнь фрезеровщикам – любителям древесины, и приведены расчётные значения для древесины при стандартных, удобных значениях оборотов шпинделя.

Как пользоваться таблицей? – предположим у Вас имеется торцевая двухперьевая фреза диаметром 3мм. Находим её в левой колонке таблицы. Если Вы работаете "на дядю", то можете выбрать самые максимальные обороты шпинделя, если не жалко шпиндель, как правило – это 24000 об/мин. Если это личный Ваш станок, или нет желания гонять чужой шпиндель на максимальных предельных оборотах, то выбираем 21000 об/мин. В четвёртой колонке таблицы находим подачу 2388 мм/мин. Если будет использоваться **сферическая 3D фреза** для шлифовки поверхности **после предварительной черновой обработки**, то допустимо увеличивать подачу вплоть до двукратного значения = 4776 мм/мин – это продлит срок службы фрезы. Если хотите быстрее работу закончить, например, в два раза быстрее, то лучше применить четырёхперую фрезу (6-я колонка), тогда подачу можно установить 4245 мм/мин, но для четырёхперой 3D фрезы не увеличивают подачу в два раза, аналогично двухперой, так как в работе на кончике **3D фрезы** участвуют только 2 ножа, а вторые 2 ножа работают частично. Но не всегда ускорение обработки будет возможно на хобби-станке. Как правило, из-за недостатка средств, и полной экономии, хобби-станок собран из подручных средств и всякого хлама, и не позволяет работать на скоростях выше 2000 мм/мин. В этом случае выбирайте меньшие обороты шпинделя и строку с подачей, на которой ваш станок не будет глючить из-за превышения скорости подачи.

В станках, на основе ШВП и шагового двигателя, возможно добиться максимальной скорости подачи 11 000 мм/мин при условии отсутствия экономии на требуемых деталях при сборке станка. Но для надёжности, и предотвращения проскакивания шагов при нагрузке на фрезу, не следует пользоваться станком на ШВП при подачах выше 4500мм/мин для фрез с большими диаметрами, и не более 5000мм/мин для фрез с малыми диаметрами. В станках на основе реечной передачи и шагового двигателя, возможно добиться скорости подачи 24 000мм/мин (32 000 в лучших моделях), но для надёжности, и предотвращения проскакивания шагов при нагрузке на фрезу, не следует пользоваться станком на реечной передаче с шаговым двигателем при подачах выше 13 000мм/мин. При выборе станка следует помнить: станки с ШВП более точные, но и более медленные. Станки для обработки древесины на реечной передаче с шестернями более скоростные, но точность их низкая, даже, если управляются серводвигателями, соответственно очень мелкие и точные изделия изготавливать на них нежелательно и противопоказано. Профессионалы обычно имеют 2 станка: маленький точный на ШВП для мелочёвки со шпинделем 1.5-2квт, и большой скоростной на реечной передаче для крупных изделий со шпинделем не менее 3квт. Любительский подход к теме типа «хочу один станок, могущий всё» является в корне неправильным для бизнеса. Выбор между шаговым двигателем и сервоприводом – это личное дело каждого, и зависит только от толщины имеющегося кошелька. В последнее время серводвигатели вытесняются шаговыми двигателями с обратной связью из-за значительно ниже цены и простоты управления. Системы на основе шагового двигателя с установленным на его валу энкодером и специальным драйвером, считывающим данные обратной связи, - называются гибридными.

Таблица режимов для торцевых фрез при фрезеровке/резке древесины: Ясень, Орех, Граб, Акация, Самшит, Клён

Для Дуба, Бука, Вишни, Берёзы, модельный пластик и т.д., можно умножить горизонтальную подачу на коэффициент 1.13

Для мягких пород типа Сосны, и т.д., можно умножить горизонтальную подачу на коэффициент 1.3

Данные таблицы действительны для прямых фрез со **стандартизованной длиной заточки = диаметр фрезы умножить на 4**. Все заточки, которые более этого значения - это фрезы с удлинённой заточкой. Следует уменьшать глубину прохода в слой, подачу и обороты шпинделя для нестандартных заточек до уменьшения визга и прекращения обламывания фрезы.

Примечание: данная таблица предназначена для думающих людей, кому важна максимальная стойкость инструмента...

Вопрос: Для чего столько одинаковых фрез, но с разным количеством ножей (режущих граней, перьев)?

Одноперьевые фрезы, одна режущая грань или один режущий нож - это одно и то же, только все называют как кому удобно. Эти фрезы, если выполнены в виде граверов, то позволяют сэкономить некоторые средства на инструменте. Но из-за маленькой подачи не могут быть конкурентоспособными по сравнению с многоперьевыми фрезами. Их следует применять тогда, когда важно чтобы не налипала стружка. Часто алюминий режут именно одноперьевыми спиральными фрезами, т.к. в таких фрезах глубокий полированный паз для отвода стружки, но они неконкурентные по скорости подачи с двух или трёхперьевыми фрезами для алюминия, у которых также глубокий паз для отвода стружки (фрезы HSM).

Двухперьевые фрезы - это самый распространённый инструмент, который может быть применён для обработки различных материалов. Двухперьевые фрезы с заточкой под обработку алюминия также подходят для обработки мягких сортов древесины.

Трёхперьевые фрезы существуют со стандартной заточкой (под твёрдые материалы) и с заточкой под обработку алюминия (фрезы HSM - скоростная обработка алюминия). Со стандартной заточкой можно обрабатывать пластики, жесткие, твёрдые и очень твёрдые древесины, а также бронзу, латунь и различные сплавы. Но для мягких пород древесины следует применить фрезы для обработки алюминия из-за их более острой заточки угла.

Четырёхперьевые фрезы следует применять для обработки металлов и всего твёрдого, в т.ч. и древесины, но нежелательно применять на мягких и очень мягких сортах древесины. Четырёхперьевая фреза даст меньше сколов при обработке твёрдых пород древесины и наиболее высокий КПД по конкурентоспособности. В случаях ещё более высокого КПД следует применять четырёхперьевые фрезы "стружколом".

Вопрос: Можно ли пользоваться таблицей для резки пластиков, пластмасс, и других мягких материалов?

Да, конечно, данные подходят максимально точно к акрилу, но остальные мягкие материалы также близки по расчётным значениям к этим данным. Но важно правильно устанавливать глубину среза материала в зависимости от плотности, чтобы не повредить фрезу. Особенно серьёзно надо отнестись к температуре плавления пластиков, пластмасс и станку, на котором они будут разрезаться. Чем более профессиональный станок (выше скорость ускорения), тем меньше требований к охлаждению фрезы, чтобы она не разогрела и не расплавила пластмассу. Чтобы исключить оплавление на больших оборотах шпинделя (выше 6000об/мин), следует подавать под фрезу струю мыльной воды, углекислый газ под давлением, СОЖ с напором и т.д. Это касается легко плавящихся материалов как оргстекло, акрил и т.д. Оплавление материала под фрезой происходит на маленьких ускорениях (настройках станка). Чтобы исключить оплавление пластмасс (резка всухую) на любительских станках, а также станках с малым ускорением, следует

производить разрезание плавящихся пластиков на 6000 об/мин и даже на 3000 об/мин шпинделя, с пропорциональным уменьшением подачи из таблицы выше в зависимости от количества ножей фрезы. Когда скорость подачи будет близка цифрой к ускорению (настройкам станка), то оплавления материала не будет даже без подачи воды, газа или СОЖ.

Максимальная глубина реза в слой (при пазовом резе) - Z (D - диаметр фрезы в миллиметрах)

- **Мягкие породы:** Сосна, Ель, Ольха, Кедр, Липа, Осина, Каштан, Тополь, ДВП, МДФ: $Z = 1.5 \times D$
- **Жесткие породы:** Дуб, Бук, Вишня, Береза, Груша, Яблоня, Лиственница, Карагач, Ильм, Вяз, Платан, Лох узколистный, Палисандр, Фанера, Модел. пластик: $Z = 1 \times D$
- **Твёрдые:** Орех, Граб, Ясень, Венге, Акация, Самшит, Клён, Рябина, Кизил, Фисташковое дерево, Мербау, Бамбук, Мутения: $Z = 0.6 \times D$
- **Очень твердые породы:** Грецкий орех, Акация белая, Амарант, Ипе/Лапачо, Макассар, Олива, Ярра, Ятоба, Сукупира: $Z = 0.5 \times D$
- **Пены:** Пенопласт, пенополиуретан, пенополистирол: $Z = 4 \times D$
- **Композиты:** G-10, текстолиты на фенольных смолах или на основе углеродного волокна: $Z = 0.5 \times D$
- **Термопластики:** Акрил, поликарбонат, ПВХ или полиэтилен высокой плотности: $Z = 1 \times D$
- **Цветные металлы:** Алюминий, медь, серебро (чистое/мягкое) или золото: $Z = 0.2 \times D$
- **Твёрдые цветные металлы:** Дюраль, латунь, бронза: $Z = 0.15 \times D$
- **Черные металлы:** Холоднокатаный прокат, нержавеющая сталь или твёрдые сплавы серебра: $Z = 0.1 \times D$

Примечание: данные действительны только для фрез со стандартной заточкой (длина заточки= 3...4 диаметра фрезы), и на минимальной длине хвостовика.

Если фреза имеет длиннее заточку или длинный хвостовик, то значительно уменьшайте величину реза в слой, что предотвратит обламывание фрезы на большой глубине реза.

Ошибки, допускаемые начинающими:

1. **Применяется фреза большого диаметра на высоких оборотах шпинделя.** Например, применяется четырёхрёбрая фреза диаметром 8мм при 24000 об/мин при скорости подачи 4000мм/мин. По расчётным данным скорость подачи должна быть **18038 мм/мин**. Древесина – это конечно не металл, и это по идее можно, но только в случае, если Вы хотите вместо одной фрезы, купить 4 фрезы. И также можно, если подпаленные места на светлой древесине сумасшедшим вращением фрезы Вас не смущают.

2. **Проход в слой при резке древесины превышает критический.** Внимательно следите за плотностью разрезаемой древесины и не превышайте критическую глубину Z (см.выше список). Это критические значения, когда фреза при небольшом затуплении уже будет обламываться. Если Вы любите всегда работать новыми фрезами, и у Вас много лишних денег, то можете работать на этих критических режимах. Но если Вы предпочитаете покупать дешёвые китайские хрупкие фрезы, или работаете фирменным инструментом, который после притупления желаете многократно затачивать, то работать на критических съёмах в слой нельзя. А чтобы себя обезопасить от приключений при резке разнородных материалов, лучше устанавливать глубину реза в слой не более половины диаметра фрезы при первых двух верхних проходах в слой и менее половины диаметра фрезы на нижних глубоких проходах. Но это всё при условии, если материал не скалывается на края. Если происходят сколы, то величину съёма в слой следует уменьшить до четверти диаметра фрезы и менее. Для нестандартных фрез с удлинённой заточкой глубина в слой не должна превышать четверть диаметра фрезы и менее, а также следует уменьшить скорость подачи в 2-5 раз.

На маленьких диаметрах фрез 3.175 и менее миллиметров со слабыми бесщёточными двухполюсными шпинделями 1.5 - 2.2квт, проблем с фрезеровкой в слой в половину диаметра фрезы не должно возникать. Но при применении фрез 8мм со слабыми двухполюсными шпинделями 2.2квт, при применении фрез 6мм со слабым шпинделем 1.5квт, а также при применении фрез 4мм с ювелирным шпинделем 0.8квт, могут возникнуть проблемы, связанные с остановкой шпинделя и его забуксовыванием в материале. Жертвуй в 3-4раза сроком службы фрезы, придётся увеличить обороты шпинделя, нарушая расчётные формулы (подпаливая древесину завышенными оборотами до воспламенения и пожара), а также уменьшая расчётную

скорость подачи, или уменьшайте глубину съёма в слой до 1мм, жертвуя временем выполнения фрезеровки заготовки.

При частом использовании фрез диаметром 8 и более "мм" меняйте шпиндель на более мощный бесщёточный (например, 3 кВт), на мощные шпиндели со щётками, или на простой недорогой асинхронный отечественный двигатель, например, на 2850 об/мин мощностью до 1-1.5 кВт. Через правильно настроенный инвертор эти двигатели превосходно отдают максимальную мощность до 6000 об/мин, несопоставимую с мизерной мощностью высокооборотистых бесщёточных шпинделей на малых оборотах. Если якорь хорошо отцентрован, установлены качественные подшипники, то это лучший недорогой вариант при работе большими диаметрами фрез, начиная с 8мм.

Проблема применения больших диаметров фрез на слабых двухполюсных китайских, итальянских и т.д шпинделях заключается в том, что при уменьшении оборотов шпинделя в два раза, уменьшается мощность шпинделя в два раза. Например, если применяется 3 кВт шпиндель 24000 об/мин, то при 6000 об/мин у него всего 750 Вт на валу. Выходом из такой ситуации может быть только применение четырёхполюсных двигателей и выше.

3. Отсутствие понятия про угловое и линейное ускорение. Каждый станок способен работать при определённых максимальных установках линейного и углового ускорения. Эти ускорения устанавливаются в управляющей программе станка, пульте или стойке. Обычно станки на ШВП начинают глючить при нагрузках, если ускорения больше 350 мм/сек.кв. Хоббийные станки, обычно, еле-еле вытягивают ускорения 250 мм/сек.кв. Станки на ременной передаче спокойно работают на ускорении 600мм/сек.кв., а лучшие образцы ременных станков с ШД могут работать на 1000 мм/сек.кв. Большое заблуждение начинающих, что скорость 3D шлифовки рельефа сильно зависит от горизонтальной подачи. **Из-за большого количества перепадов высот, скорость обработки 3D рельефа, в основном, зависит от параметров максимального ускорения станка.** Если, к примеру, Вы изготавливаете панно на хобби станке, то при одинаковой подаче, например, 3000мм/мм, но ускорении хобби станка 200 мм/сек.кв., а профессионального станка на рейках 800мм/сек.кв. – работа на профессиональном станке будет закончена в 3 раза быстрее, чем при такой же подаче 3000мм/мм на любительском станке. И что не менее важно, при 3D шлифовке панно, совершенно одинаковая фреза прослужит на правильно настроенном профессиональном станке в 3 раза дольше, чем на любительском.

4. Разрезание толстой заготовки очень тонкой фрезой. Существуют стандартные требования для рентабельного и конкурентоспособного применения фрез для разрезания материала определённой толщины. Смотрим таблицу требований ниже.

Пазовый рез, нормы (для фрез со стандартной длиной заточки)

Диаметр фрезы (для прямой или сферической) или хвостовик для конусной:

- **0.5мм** - рез не более, чем на глубину 2мм
- **1мм** - рез не более, чем на глубину 4мм
- **2мм** - рез не более, чем на глубину 8мм
- **3мм** - рез не более, чем на глубину 12мм
- **3.175мм** - рез не более, чем на глубину 12.7мм
- **4мм** - рез не более, чем на глубину 16мм
- **4.75мм** - рез не более, чем на глубину 20мм
- **5мм** - рез не более, чем на глубину 22мм
- **6мм** - рез не более, чем на глубину 24мм
- **6.35мм** - рез не более, чем на глубину 25мм
- **8мм** - рез не более, чем на глубину 32мм
- **9.5мм** - рез не более, чем на глубину 35мм
- **10мм** - рез не более, чем на глубину 40мм
- **12мм** - рез не более, чем на глубину 50мм
- **12.7мм** - рез не более, чем на глубину 60мм
- **16мм** - рез не более, чем на глубину 90мм

Примечание: если Вы слышите визг фрезы - значит нарушены режимы, сильное отличие от норм фрезеровки, установлена слишком тонкая фреза, или тупая фреза - всё это угрожает подшипникам вашего шпинделя и самой фрезе, т.к. на фрезе будут сколы ножей от биений о заготовку. При применении фрез с удлинённой заточкой уменьшайте величину съёма в слой в 4 раза и более до уменьшения визга фрезы. В ["видеоролике"](#) показано, как работает фреза с удлинённой заточкой, и пути оптимизации её работы

Когда требуется не фрезеровка, а простая резка материала (раскрой) без требований к блестяще отшлифованной грани, то следует применять фрезы «стружколом» или «роутер». Это снижает трение фрезы о заготовку, уменьшает визг фрезы, уменьшает детонации и предотвращает поломку фрезы на большой глубине при большом остаточном количестве стружки в разрезаемом пазе.

Пример для фанеры:

Фанера, двп и мдф материалы, схожие по плотности. В рекомендациях запрещено при правильных подачах устанавливать величину съёма в слой более 1,5 раза от диаметра фрезы, т.е. при величине 1.5мм в слой для фрезы 1.0мм фреза может сломаться, или 3.0мм в слой для фрезы диаметром 2.0мм фреза может сломаться. На верхних проходах фреза не ломается, а вот когда будут проходы уже на глубине - то фрезы ломаются из-за наличия стружки в пазу, или притупления фрезы от срока службы. Исходя из этого нежелательно работать на максимальных величинах съёма в слой. Например, лучше убрать треть от разрешённых, т.е. получается диаметр фрезы = величине прохода в слой для мягких материалов, для фрезы диаметром 2мм = 2мм в слой. Если есть подозрения, что материал не везде мягкий, а есть скопления клея или неоднородность в различных местах, то величину съёма в слой надо уменьшать до половины диаметра фрезы, т.е. для фрезы диаметром 2мм - величина съёма в слой будет равна 1мм как для твёрдых пород древесины.

- Когда мдф или фанера тонкие, например 4мм, то их можно разрезать сразу на всю глубину, но тогда надо скорректировать пропорционально скорость подачи путём пропорционального уменьшения. Например, если фанера обычная мягкая, то для роутера 2.0мм при 21000об/мин необходимо поставить подачу 1289мм/мин, и можно резать фанеру в один проход. Для толстых материалов, величиной в толщину заточки фрезы, уменьшение горизонтальной подачи от расчётных нежелательно, т.к. в глубине паза будет много стружки, и стружка будет налипать на фрезу от перегрева из-за маленькой скорости, фрезы от этого ломаются и портятся от перегрева.

И самое главное - не забывайте устанавливать в программе перемычки, которые удержат изделие от выпадения после вырезки. Основная масса фрез ломается от выпавших во время фрезеровки кусочков и попадания под фрезу. Для окружности и треугольника должно быть не менее 3-х перемычек, для прямоугольников и квадратов - не менее 4-х перемычек. У треугольников перемычки желательно ставить ближе к углам. Если изделие плохо закреплено по плоскости, или тонкое и большое, то рекомендуется использовать фрезы и ["роутеры"](#) с прижатием заготовки (выбросом стружки вниз)

Требования к высокоскоростным бесщёточным шпинделям при обработке древесины:

Чтобы не заклинивало фрезу в материале - применяйте правильные шпиндели

- фрезы до Ф4мм - шпиндели 0.8kw, 1.2kw с цангами ER11, ER16
- фрезы до Ф6мм - шпиндели 1.5kw с цангой ER16
- фрезы до Ф8мм - шпиндели 2.2kw с цангой ER20
- фрезы до Ф10мм - шпиндели 3kw с цангами ER20, ER25
- фрезы до Ф12мм - шпиндели 4.5kw с цангами ER25, ER32
- фигурные фрезы - шпиндели 6kw с цангами ER32, ER40, или обычные отечественные асинхронные двигатели на 1 - 1.5 квт через **правильно настроенный** инвертор

Вопрос: Сколько прослужит фреза при обработке древесины?

Древесина – мягкий материал, по сравнению с металлами. Но фреза из более дорогого сплава однозначно прослужит дольше и на древесине. Например, фреза диаметром 3мм из фирменного сплава, способного

резать сталь с твёрдостью реза 65HRC пройдёт 4.5 километра реза до момента, когда её желательно заточить, чтобы не сломалась от перегрузок. Но такая же фреза из китайского фирменного сплава с твёрдостью реза 55HRC пройдёт 2 километра реза, но это ещё и при условии, что китаец не подсунил Вам красивейшую фрезу со всеми лазерными маркировками и наклейками, но с твёрдостью реза 35, 45 или 50 HRC, которыми перенасыщена Поднебесная.

Начинающему фрезеровщику желательно понимать, что чем меньше диаметр фрезы – тем меньше километров реза она пройдёт до затупления. Желательно вовремя заняться заточкой, до того, как фреза затупится и сломается от боковых нагрузок. При шлифовке 3D поверхностей важно понимать, что любая фреза раньше затупится, чем при работе по ровной плоскости. Это происходит из-за того, что фреза тысячи раз при переходе между впадинами и выпуклостями изменяет свою скорость реза в неправильную сторону, т.е. притормаживает в углах, впадинах, вершинах. Это значит, что вместо срезания стружки требуемой расчётной толщины, срезается стружка в 5-10 раз меньшей толщины, или говоря жаргоном – стружка перемалывается в пыль. Чем выше угловую скорость/ускорения может поддерживать Ваш станок, тем дольше будут служить 3D фрезы на таком станке, и этот пункт практически никогда не выполняется на дешёвых хоббийных станках, и 3D фрезы при обработке древесины на таких станках служат меньше своего предназначенного срока.

При фрезеровке древесины скорость врезания и подача равны. Уменьшение скорости врезания, как это требуется при обработке металлов, приводит к подпаливанию древесины фрезой. Чтобы увеличить срок службы торцевых фрез при пазовом резе, следует программно устанавливать угол врезания, для того, чтобы фреза въезжала в заготовку боком, а не торцом. При обработке древесины в коммерческих серийных проектах становится нерентабельным применение 3D фрез менее 1.5мм диаметром. Следует избегать предложения обработки 3D рельефов по таким породам как ёлка и сосна, и особенно это касается 3D фрез менее 6мм диаметром. Сосна и Ель содержат смолы, которые налипают на фрезу, забивают пазы, и фрезы от этого часто ломаются, или забиваются чёрным нагаром, который не позволяет чисто срезать волокно древесины. Также не следует обрабатывать 3D рельефы на таких породах как Липа, Осина, Тополь. Чем твёрже и вылежанней (не путать с высушенной) древесину для своих 3D рельефов Вы выберете – тем меньше мозолей от наждачной бумаги заработаете – это закон 3D фрезеровщика.

При очень высоких рельефах желательно использовать смешанные траектории обработки, в которых траектория фрезы создаётся для плоских мест рельефа «зигзагом», а для выпуклостей создаётся «вокруг каждой выпуклости». В простых программах это недоступно, а только в профессиональных как JDPaint и подобных. Для уменьшения ворса следует применять встречную обработку. Такая обработка недоступна в любительских программах, и фрезеровщику остаётся выбор только создавать траекторию зигзагом «туда-сюда». При траектории «туда-сюда» фреза одним проходом срезает ворс, а вторым проходом его поднимает. На низких рельефах ворса почти не будет, но на высоких рельефах будет повышенная лохматость во многих местах. Чтобы полностью исключить ворс при такой стратегии обработки на высоких рельефах, следует применять термодревесину.

Хорошо вылежанные от 10 до 20 лет деревянные заготовки, при 3D обработке сферическими фрезами с диаметрами до 2.0мм, обрабатываются вдоль волокна с шагом не более 0.15мм и будет полное отсутствие ворса или его минимум, но невылежанная древесина (только высушенная в сушилке), а также ясень, обрабатываются поперёк волокна для уменьшения ворса при обработке «туда-сюда» с шагом не более 0.12мм. Не стоит заниматься ерундой и экспериментировать с углами, например, 45, минус 45 или 60 градусов - это бесполезное и глупое занятие, т.к. минимум ворса (но не полное отсутствие) на некачественном сырье (при обработке туда-сюда) можно получить срезая волокно только поперёк. Хороший безворсовый результат 3D фрезеровки даёт сухостой.

Когда Вам приходится применять фрезы увеличенной длины, или очень длинные, то примите все меры для уменьшения оборотов шпинделя насколько это возможно. Это особенно касается больших диаметров фрез, и не конусных прямых фрез. Из-за износа внутреннего конуса шпинделя, установленной китайской цанги, или старой цанги, на кончике длинной фрезы уже не будет идеального центра. Фреза будет разбивать подшипники шпинделя на высоких оборотах. Обороты шпинделя следует снижать до того уровня, чтобы мощность высокооборотистого шпинделя оставалась достаточной, чтобы фреза не забуксовала в заготовке (см.таблицу выше).

Любителям, модных в последнее время, конусных сферических фрез следует помнить, что превышение более чем в два раза скорости подачи (см. таблицу), приводит к увеличению ворса на обрабатываемом

изделии, а также увеличивает шансы отламывания кончика фрезы при незначительном увеличении боковой нагрузки. Для конусных сферических фрез из таблицы следует выбирать данные в соответствии с режущим диаметром кончика фрезы умноженным на коэффициент 2.

ИЗУЧИТЕ, ПРЕЖДЕ ЧЕМ КУПИТЬ ИЛИ СОБРАТЬ СТАНОК САМОСТОЯТЕЛЬНО

Заводские рекомендации для выбора бесшумного бесщёточного шпинделя по его мощности на валу (пиковая мощность):

Все шпиндели с цангой ER-8 - Применяются для миниатюрных ювелирных работ, миниатюрных гравировок в основном граверами и фрезами до диаметра 2.35мм. Диаметр вала шпинделя =10мм.

0.8квт - с цангой ER-11 - "Ювелирный шпиндель" мелкие неглубокие граверные работы по латуни, модельки, тонкие до 5мм пластики, тонкая фанера, сувениры, сверление и резка печатных плат. Это один из самых удобных шпинделей для мастеров ювелиров при обработке воска, а также всех цветных металлов. Очень удобен шпиндель из-за маленькой не мешающей гайки при установке тонких граверов и миниатюрных фрез. Гайка цанги диаметром 19мм не мешает работать по мелким рельефам. Диаметр вала шпинделя 13мм. Диапазон зажимаемых свёрл и фрез до 7мм диаметром. Тех.требования при резке/раскрое древесины: применение фрез до 3.15мм в диаметре до глубины реза 12мм, и применение фрез не более 1мм диаметром при работах по стали до глубины реза максимум 3мм. Потребление от сети при правильных нагрузках не более 150Вт/час. Вес шпинделя 2.6кг. В шпинделях с этой мощностью запрещено устанавливать фрезы с общей длиной выше 40мм. Более длинные фрезы будут разбивать подшипники шпинделя.

1.2квт - с цангой ER-11 60 000 оборотов - Специальный шпиндель для работ фирменными твёрдосплавными фрезами по металлу. Обратите внимание-именно фирменным твёрдым сплавом (без китайских дешёвых добавок в сплав), а не "китаем" или отечественными непонятного происхождения или скоростной сталью старых разработок, которая обуглится уже при 7 000 оборотах. Если Вы работаете часто именно тонкими и очень тонкими фрезами, то по расчётным формулам для тонких твёрдых фрез будут требоваться очень большие обороты шпинделя начиная от 30000 при работе с металлами. Кроме того, этот шпиндель применяется на многошпиндельных скоростных станках для дерева с горизонтальной скоростью обработки рельефов до 20-25 метров в минуту. Рекомендуется применение фрез для работ по твёрдой древесине не более 6мм диаметром, и применение фрез не более 1.5мм диаметром при работах по стали до глубины реза максимум 5мм. Потребление от сети при правильных нагрузках не более 200Вт/час. В шпинделях этого типа запрещено устанавливать фрезы с общей длиной выше 50мм. Более длинные фрезы будут разбивать подшипники шпинделя.

1.5квт - с цангой ER-11 - "Ювелирный шпиндель" граверные работы, сувениры и мелкие неглубокие фрезеровки на алюминии и латуни. Если применять эту модель с цангой ER-11 при глубокой резке и раскрое например, древесины, то имеется высокая вероятность повреждения вала шпинделя, который всего 13мм в диаметре, при заклинивании, и последующем сгибании вала шпинделя, или появления после ударов-дополнительных детонаций. Мощность на валу завышена в два раза по сравнению с диаметром вала, и пользоваться длинными или толстыми диаметрами фрез более 4 мм следует с высочайшей осторожностью. Если есть необходимость установки фрез до 8 мм в диаметре (через специальную цангу), то фрезу надо распиливать пополам для её укорачивания, чтобы общая длина фрезы не превышала 40 мм. Диапазон зажимаемых свёрл и фрез до 7 мм диаметром. Прямое назначение шпинделя - мелкие граверные работы миниатюрными короткими фрезами, гравировка латуни и меди, но с чуть большей мощностью, чем шпинделем 0.8квт. Тех.требования при резке/раскрое тв.древесины: применение фрез до 4мм в диаметре до глубины реза 15 мм, и фрез диаметром не более 2мм при работах по стали до глубины реза максимум 7мм. Потребление от сети при правильных нагрузках не более 300Вт/час. В шпинделях этого типа запрещено устанавливать фрезы с общей длиной выше 40 мм. Более длинные фрезы будут разбивать подшипники шпинделя.

1.5квт - с цангой ER-16 - Начальный шпиндель для работы с твёрдой древесиной, акрилами до 15мм. Удобен шпиндель из-за небольшой гайки диаметром 28мм с резьбой M22 x 1.5, устанавливаемой на эконом варианты шпинделей (или тонкой гайки 24мм с резьбой M19 x 1.0, устанавливаемой на стандартные базовые модели с более высоким качеством - обычно тяжёлые шпиндели весом 6.5кг-рекомендуемые для фрезеровки

металлов). Диаметр вала 20мм уменьшает вероятность его случайного сгибания при заклинивании фрезы. Можно гравировать, фрезеровать 3D рельефы, а также резать неглубокие до 30-40мм заготовки в несколько проходов. Запрещено работать с этой цангой фигурной фрезой на полную глубину фигурной фрезы. Диапазон зажимаемых свёрл и фрез до 10мм диаметром. Тех.требования при резке/раскрое: применение фрез до 6мм в диаметре до глубины реза 20мм по древесине, и фрез не более 2.5мм при работах по стали до глубины реза максимум 9мм. Потребление от сети при правильных нагрузках не более 300Вт/час. Напряжение питания 220v. В шпинделях этого типа запрещено устанавливать фрезы с общей длиной выше 60мм. Более длинные фрезы будут разбивать подшипники шпинделя.

2.2квт - с цангой ER-20 - Базовый шпиндель для работы с твёрдой древесиной, акрилами до 30мм. Шпиндель имеет гайку диаметром 34мм. Диаметр вала 24мм - нормальный вал который уже трудно согнуть. Можно гравировать, фрезеровать 3D рельефы на дереве, пластиках и производить мелкие неглубокие гравировки и фрезеровки на мягких металлах. Запрещено работать фигурной фрезой на полную глубину из-за недостаточной мощности шпинделя для фигурных фрез. Диапазон зажимаемых свёрл и фрез до 13мм диаметром. Тех.требования при резке/раскрое: применение фрез до 4 мм в диаметре при работах по стали до глубины реза максимум 12мм, и применение фрез до 8мм в диаметре при работах по древесине до глубины реза 30мм. Потребление от сети при правильных нагрузках не более 450Вт/час. Напряжение питания 220v. В шпинделях этого типа запрещено устанавливать фрезы с общей длиной выше 75мм. Более длинные фрезы будут разбивать подшипники шпинделя.

2.2квт - с цангой ER-16 с резьбой M19 x 1.0 - Базовый шпиндель для работы с металлами и твёрдой древесиной. Тяжёлый шпиндель весом 7.1кг, имеет центрованную гайку диаметром 24мм. Эта модель рекомендуется для многих станков при обработке металлов с малыми детонациями. Позволяет гравировать, фрезеровать 3D рельефы на сталях, дереве, пластиках. Диапазон зажимаемых свёрл и фрез до 10мм диаметром. Тех.требования при резке/раскрое: применение фрез до 3.15 мм в диаметре при работах по стали до глубины реза максимум 10мм, и применение фрез до 8мм в диаметре при работах по древесине до глубины реза 30мм. Потребление от сети при правильных нагрузках не более 450Вт/час. Напряжение питания 220v. В шпинделях этого типа запрещено устанавливать фрезы с общей длиной выше 60мм. Более длинные фрезы будут разбивать подшипники шпинделя.

3квт - с цангой ER-20 - Основной шпиндель для 3D работы с твёрдой древесиной, акрилами, металлами и небольшими глубинами резки в проход до 4мм для камня. Шпиндель имеет гайку диаметром 34мм. Диаметр вала 24мм - нормальный вал который уже трудно согнуть. Допустимо работать фигурной фрезой на полную глубину с небольшими подачами. Диапазон зажимаемых свёрл и фрез до 13мм диаметром. Тех.требования при резке/раскрое тв.древесины: применение фрез до 12.7мм в диаметре до глубины реза 50мм. При работах по стали применение фрез не более 5мм диаметром до глубины реза максимум 15мм. Потребление от сети при правильных нагрузках не более 600Вт/час. Производится 2 вида шпинделей с этой мощностью: до 18тыс.оборотов и до 24тыс.оборотов. Если планируется в основном мелкая гравировка и фрезеровка, а также работа с металлами, то следует выбирать шпиндель с 24тыс.об, т.к. шпиндель с меньшим количеством оборотов имеет худший КПД по рентабельности при мелких работах, особенно с металлами при обработке твёрдыми фрезами, кроме того в 1.3раза придётся снизить горизонтальную скорость обработки древесины для предотвращения поломки фрез. Пример: если шпинделем с 18тыс.об обрабатывается древесина при горизонтальной скорости 4.5м/мин, то шпинделем с 24тыс.об древесина обрабатывается с горизонтальной скоростью 5.85метров в минуту. Напряжение питания 220v. Часто встречаются такие шпиндели на 380v 3 фазы, что не позволит запитать станок от недорогого бесперебойного блока питания. В шпинделях этого типа запрещено устанавливать фрезы с общей длиной выше 100мм. Более длинные фрезы будут разбивать подшипники шпинделя.

4квт - Применяется, когда недостаточно мощности при резке на большой глубине, а также с более высокой подачей фигурными фрезами. Тех.требования при резке/раскрое тв.древесины: применение фрез до 12.7мм в диаметре до глубины реза 60мм. При работах по стали применение фрез до 6мм диаметром до глубины реза максимум 20мм. Потребление от сети при правильных нагрузках не более 800Вт/час. Напряжение питания 380v 3 фазы. Как правило шпиндели с этой мощностью имеют максимум 18тыс.оборотов, что является большим недостатком при работе твёрдосплавными фрезами на мелких фрезеровках тонкими фрезами, и значительно снижает общий КПД станка. Этот шпиндель следует эксплуатировать с большими диаметрами твёрдосплавных фрез, которым не требуются большие обороты. При производстве мелких изделий и фрезеровок, эксплуатация этого шпинделя часто нерентабельна, т.к. применение только 3-х фазной сети для питания шпинделя, большое энергопотребление и дорогое плановое

обслуживание могут сравниться или превышать стоимость самой фрезеровки. В шпинделях этого типа запрещено устанавливать фрезы с общей длиной выше 100мм.

4.5квт и более - Имеют гайки ER-25 диаметром 42мм, или ER-32 диаметром 60мм, что может невероятно мешать при всех видах фрезеровки, когда установлены мелкие стандартные короткие фрезы. Как пример - длина основных тонких фрез=38мм, зажатие в цангу по нормативным требованиям не менее 15мм, в результате фреза высовывается наружу на $38-15=23$ мм под гайкой диаметром 42 или 60мм - "суперудобство" особенно для обработки рельефов! но при этом мощные шпиндели позволяют более продуктивно работать фрезами более 12мм в диаметре, дорогими длинными и конусными фрезами, а также работать большими фигурными фрезами по дереву. Применяется в основном для резки камня, мрамора и глубокой фрезеровки металлов, и для фрезеровки металлов диаметрами фрез до 10мм до глубины реза максимум 22мм, а также для резки толстых деревянных заготовок и брёвен. Как правило шпиндели с этой мощностью имеют максимум 18тыс.оборотов, что является большим недостатком при работе твёрдосплавными фрезами на мелких фрезеровках тонкими фрезами, и значительно снижает общий КПД станка. Напряжение питания 380v 3 фазы. Этот шпиндель следует эксплуатировать с большими диаметрами твёрдосплавных фрез, которым не требуются большие обороты. При производстве мелких изделий и фрезеровок, эксплуатация этого шпинделя часто нерентабельна, т.к. применение только 3-х фазной сети для питания шпинделя, большое энергопотребление более 1000Вт/час и дорогое плановое обслуживание могут сравниться или превышать стоимость самой фрезеровки. В шпинделях этого типа запрещено устанавливать фрезы с общей длиной выше 120мм.

Примечание: В основном, пользователи станков не знают, или игнорируют сказанное выше - этим уничтожая даже самые лучшие подшипники шпинделей. Если у Вас всё-таки есть желание устанавливать фрезы длиной 150мм, то применяйте шпиндели 6.0kw и выше с цангой не менее ER32 (диаметр вала шпинделя = 40мм) или с цангой ER40 (диаметр вала шпинделя = 45мм) и более.