

Шпиндель HAAS 22,4 кВт, 12 000 мин⁻¹

Технические возможности и область применения в современных механообрабатывающих производствах

- Стандартные задачи, для которых предназначены двухпаллетные горизонтальные обрабатывающие центры **HAAS EC-300, EC-400, EC-500.**
- Возможности шпинделя **HAAS** с конусом ISO40, 22,4 кВт, 12000 об/мин.
- Технология производства шпиндельных узлов на заводе **HAAS Automation**

Современные станки (начиная со второй половины 1990-х годов), по сравнению со станками прошлых лет, существенно изменились.

Причиной основных изменений послужило развитие режущего инструмента. С появлением твердосплавных неперетачиваемых фрезерных пластин с покрытием скорости резания существенно возросли. Рост скоростей резания позволил вести обработку с относительно небольшими глубинами резания и снятием стружки небольшой толщины.

То, что раньше (в 1970–80-х) делал тяжелый горизонтальный двухпаллетный станок (с паллетами 500×500 мм) массой 14–15 тонн, сейчас способен выполнить обрабатывающий центр массой 10–12 тонн. Возможность перехода на более высокий диапазон скоростей резания (по сравнению с быстрорежущим инструментом, твердыми сплавами старого образца) позволила снизить усилия резания при сохранении объема снимаемого материала за единицу времени.

Также внесли вклад в оптимизацию компоновки станков методы компьютерного проектирования (метод конечных элементов, виртуальный анализ жесткости конструкции), появившиеся в 1990-е годы. Передовые производители станочного оборудования стремятся выпускать станки облегченных конструкций, где отливки имеют просчитанную геометрию ребер жесткости, затраты на материалы снижены, а усилия резания передаются через станину в фундамент. (Факт, что в автомобилестроении в последнее десятилетие прослеживается тенденция повышения жесткости/безопасности конструкции автомобилей при общем снижении веса кузова. Аналогия можно провести и с современным станкостроением: уже неактуально правило «большая масса» = «большая жесткость»).

Такие станки дешевле производить,

проще доставлять до Заказчика (глобализация и рыночная конкуренция диктуют необходимость снижения себестоимости продукции).

Современные станки для общего машиностроения критичны к выставлению по уровню, когда речь идет о жестких допусках и высоких точностях.

Станки для тяжелых режимов обработки (Makino, Mitsui Seiki, Toyota, StarragHeckert, HELLER) по-прежнему востребованы. Главным их отличием от обычных станков является мощный шпиндель на 30–50 кВт. Они являются первым выбором при решении спецзадач (авиастроение, двигателестроение, энергетическое и тяжелое машиностроение) и актуальны для размерного ряда паллет от 630×630 мм и выше.

Компания **HAAS Automation** позиционирует свои станки с ЧПУ, в том числе и горизонтальные обрабатывающие центры, как широкоуниверсальное оборудование с высокими техническими характеристиками по приемлемой цене, с первоклассной сервисной поддержкой по одному звонку.

По своим характеристикам двухпаллетные горизонтальные центры **HAAS** можно отнести к станкам для решения общих задач.

Горизонтальные центры серии EC:

- имеют объемную конструкцию станины, усиленную ребрами жесткости с компактной толщиной стенок,



- универсальный шпиндель ISO40 средней мощности;



- и должны работать в паре с хорошим режущим инструментом.

Рассматривая возможности шпинделя на **12000** мин⁻¹, **22,4** кВт, мы можем отметить, что это не мотор-шпиндель, а классический шпиндель, через муфту соединенный с двигателем главного движения. Автоматическая смазка подшипников с керамическими шариками позволяет работать длительное время на высоких оборотах под нагрузкой.



В разработанном компанией **HAAS** векторном приводе шпинделя применяется технология цифрового сервопривода с обратной связью, обеспечивающая высокоточное регулирование скорости и максимальную производительность при нагруженных режимах резания. Система оптимизирует угол сдвига между ротором и статором шпиндельного двигателя для увеличения вращающего момента на низких оборотах и ускорениях, что делает шпиндель **HAAS 12K** быстрым и мощным. Эти приводы позволяют развивать мощность шпинделя до 150% от непрерывной номинальной мощности двигателя в течение 15 минут, и до 200% – в течение 3 минут.

Есть производители станочного оборудования, которые указывают в каталоге не номинальные мощность и момент, а мощность для кратковременного режима работы шпинделя, и при этом не стремятся афишировать диаграмму «мощность-момент», на которой возможно увидеть реальные параметры по моменту на конкретных оборотах (обычно на 3000–4000 мин⁻¹ реальный постоянный момент в 3–3,5 раза ниже, чем в тех. описании).

Обязательно настаивайте на предоставлении актуального графика работы двигателя в длительном режиме (S1, Cont). Анализируйте диаграмму «мощность-крутящий момент» подбираемого станка с ЧПУ, не ориентируйтесь лишь на табличные цифры!

К слову, к предприятию **HAAS Automation** также периодически возникают вопросы по указанию на своих диаграммах номинальных мощностей. Но производитель отвечает, что у них своя система тестирования (американский стандарт NEMA) и менять принятую схему они не планируют, поэтому заявленные в графике **HAAS** параметры мы умножаем на 0,5, получая данные для постоянного режима работы двигателя.

Декларируемая мощность **12K INLINE** шпинделя **HAAS** позволяет выдерживать нагрузку **22,4 кВт** до **15 минут** (перегрузка **150 %**).

Макс. мощность шпинделя **12K** равна **30 кВт**, при этом перегрузка **200 %** может действовать не более **3 мин**, затем двигатель выключится от перегрева.

Учитывая реальную мощность резания в традиционной металлообработке (5–10 кВт), запаса мощности **12K INLINE** достаточно, чтобы уверенно обрабатывать не только легкие сплавы, но и стали.

Расчетная мощность при постоянной нагрузке на шпиндель **HAAS** 12000 мин⁻¹ составляет половину от значения мощности на графике документа ES-0088AV Jan 2012, то есть **~14–17 кВт (cont)**.

В таблице 1 указаны номинальные режимы работы **INLINE** шпинделя **HAAS**, при которых нагрузка на шпиндель в системе ЧПУ будет отображаться как **100 %** (шпиндель работает без перегрузок, что нужно для стабильной долговременной работы этого ответственного узла).

Номинальные режимы работы **INLINE** шпинделя **HAAS**

Обороты шпинделя	600	1200	1800	2400	3000	3600	4200	4800	6000	7200	9600
Мощность, кВт	4	7,7	11,4	14,5	17	17,5	17	16,8	17,2	17	14,5
Момент, Нм	63	61,5	60,2	59,7	54,6	45,5	39,4	33,6	27	22,4	15,7

Важно отметить, что шпиндель выходит на оптимальную мощность резания, начиная с частоты вращения 1200 мин⁻¹ и выше. При этом полка крутящего момента (50–60 Нм) остается стабильной вплоть до 3000–3600 мин⁻¹.

Основной вывод из данной таблицы – работа фрезами больших диаметров (80–100 мм и более) по сталям на частоте 500–1000 мин⁻¹ неэффективна, т.к. практически отсутствует мощность на шпинделе. Обработка сталей быстрорежущим инструментом (сверла диаметром от 30 мм и выше, фрезы концевые P18 с коническим хвостовиком Ø40–50 мм) на станках **HAAS** ES-300/400/500 нецелесообразна, т.к. возможности станка при этом используются на 20–30%. Обработка такими инструментами легких сплавов возможна, но также не позволит говорить о полноценной загрузке оборудования.

В целом, при грамотном подборе режимов резания, использование инструментов небольших диаметров (Ø20–25 мм) из быстрорежущих сталей с покрытием имеет право на широкое применение со станками **HAAS**.

Анализируя таблицу, мы можем подтвердить, что **12K INLINE** моментных характеристик шпинделя нам будет всегда достаточно для обработки легких сплавов. В некоторых случаях будет недоставать оборотов, т.к. Sandvik, например, рекомендует для концевой твердосплавной фрезы Plura Ø20 мм **17000 об/мин!** Но, т.к. мы не ведем речь о спец. задачах, 12 000 мин⁻¹ вполне сгодятся.



Если рассмотреть другую для шпинделя **12K INLINE** задачу (реальные режимы резания на низких оборотах), когда требуется обрабатывать термически упрочненную нержавеющую сталь торцевой фрезой Ø50 мм, то мы увидим следующие рекомендуемые Sandvik режимы резания:

- фреза Ø 50 мм со сменными пластинами, 5 зубьев;
- материал 08X18H10T твердостью 37 HRC, глубина съема 3 мм;
- скорость резания 130 м/мин, частота вращения шпинделя 828 мин⁻¹, подача 497 мм/мин;
- мощность резания 5,4 кВт, момент резания 62 Нм.



Вывод: Шпиндель **12K INLINE** может стабильно работать на данных режимах резания нержавеющей стали.

Но если мы обратимся к обычной конструкционной стали 40X и дадим задачу снимать припуск 5 мм торцевой фрезой Ø63 мм, то справится ли **12K** шпиндель?

Воспользовавшись калькулятором Sandvik, мы получим требуемую мощность резания 9,5 кВт при 1090 мин⁻¹, на фрезу требуется передавать крутящий момент 83 Нм.



Ответ – шпиндель будет работать с перегрузкой 35 %!

Важный вывод из данного анализа — шпиндели ISO40 без редуктора мало пригодны для высокопроизводительной фрезеровки сталей с использованием торцевых фрез диаметром более Ø63–80 мм.

Для нагруженных режимов резания, когда момент на фрезу должен быть 200 Нм и выше, требуется шпиндель с конусом ISO50 и редуктором.

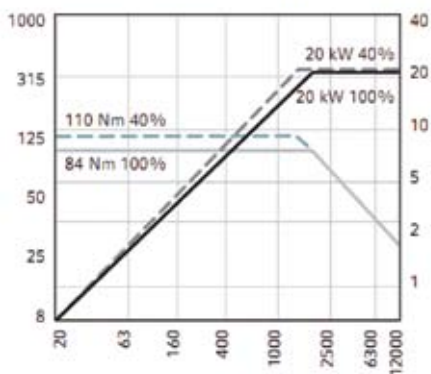
Разобравшись с областью режимов резания для шпинделей с конусом **ISO40**, мы можем перейти к сравнению параметров шпинделя **HAAS 12K INLINE** с характеристиками типовых шпинделей **ISO40** прочих производителей.

1. Шпиндель-двигатель ISO40 станка DMC 55H DuoBLOCK (производитель DMG). Главный привод 100 % о.д.в. = 20 кВт. Крутящий момент 84 Нм.

DMC 55 H duoBLOCK® Технические данные и характеристики	
Ось X/Y/Z, мм	560 / 600 / 600
Главный привод (40/100% о.д.в.), кВт	20/20
Частота вращения до, мин ⁻¹	12000 (18000)
Крутящий момент (40/100% о.д.в.), Нм	110/84
Скоростной ход и подача X/Y/Z, м/мин	60/60/60
Размер паллет, мм	400×400
Макс. нагрузка, кг	500

Данный шпиндель мощнее шпинделя **HAAS** примерно на 20 % и имеет рабочий крутящий момент на 20 Нм выше, чем **12K INLINE** шпиндель.

12,000 rpm / 20 kW / 110 Nm



2. Диаграмма для двигателя Fanuc со встроенным электрошпинделем 25 кВт



Мы видим, что максимальный длительный крутящий момент 95 Нм.

Таким образом, можно сделать вывод, что для шпинделей ISO40 мощностью 15–20 кВт с прямым приводом, либо с передачей момента с помощью зубчатого ремня, стандартный крутящий момент на шпинделе равен 60–80 Нм.

Мотор-шпиндели (Built-In) с мощностью 24–26 кВт имеют превосходящий шпиндель **12K INLINE** крутящий момент примерно на 50 %, что логично, ведь длительная мощность там в полтора раза выше.

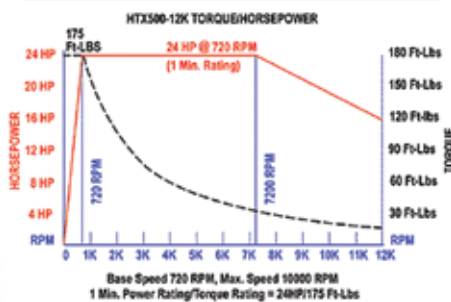
На примере станка Hurco HTX500 можно показать, почему каталожные цифры важно сверять с реальным графиком «мощность – момент».

Они декларируют мощность шпинделя 18 кВт, момент 237 Нм. Вроде отличные параметры, если бы не то, что в брошюре как бы ненароком забыли уточнить, для какого режима работы даны эти цифры!

Hurco HTX 500 Технические данные и характеристики	
Ось X/Y/Z, мм	710 / 610 / 610
Главный привод, кВт	18
Частота вращения до, мин ⁻¹	12 000
Крутящий момент, Нм	237
Размер паллет, мм	2×500×500
Макс. нагрузка, кг	500

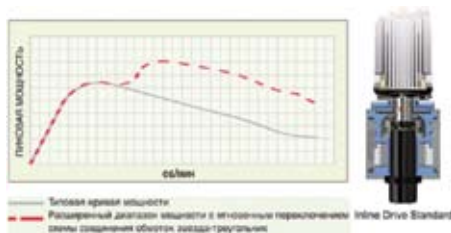
Даже если данная фраза присутствует, то по-прежнему, без взгляда на диаграмму информации не достаточно.

Заглянув в диаграмму «мощность – момент», мы видим, что параметры указаны для минутного режима работы (**1 minute rating**).



Спросив у поставщика, какой на шпинделе реальный момент в режиме Cont и какая мощность, и получив нужную информацию, мы сможем сделать вывод, что шпиндель станка Hurco HTX500 сопоставим по функциональности со шпинделем **HAAS 12K INLINE**.

Важным конкурентным преимуществом **INLINE** шпинделя **HAAS** является векторное регулирование переключения обмоток двигателя «звезда-треугольник», что расширяет диапазон оборотов с высоким крутящим моментом.



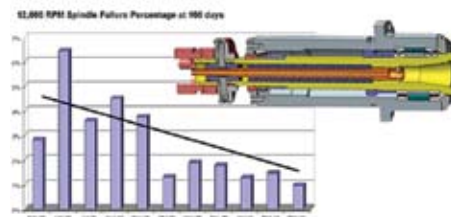
Вид главного привода в сборе представляет собой электродвигатель (Yaskawa Motor), напрямую через муфту соединенный со шпинделем.

Шпиндель-картридж полностью собирается на заводе **HAAS** и является собственной разработкой предприятия, как и другие основные узлы (сменщики инструмента, поворотные механизмы паллет, зубчатые редукторы, револьверные головки, прутковые загрузчики).

Особо хотелось бы отметить, что стоимость картридж шпинделя **INLINE 12K** составляет 284'542,40 руб. без НДС. Что в ~2 раза меньше, чем стоимость замены мотор-шпинделя сопоставимой мощности. Ресурс мотор-шпинделей ограничен (при плотной загрузке и без ударов их срок службы составляет 3–5 лет до ремонта/замены), поэтому **HAAS** не применяет высокотехнологичные мотор-шпиндели сторонних производителей в своих станках, т.к. это пусть и более эффективно для определенных задач, но при этом очень дорого в эксплуатации.

Ресурсу и надежности шпинделя **12K INLINE** уделяется первостепенное значение. Так, конструкция шпинделя **12K** осенью 2010 года была усовершенствована из-за того, что в течение первых 100 дней эксплуатации данные узлы в 3–4 % случаев требовали гарантийного ремонта.

Этот неприемлемый для **HAAS** показатель был снижен более чем в 2 раза. И теперь процент отказов не превышает 1–1,5 % за первые 100 дней работы станка.



Всего было внесено 7 изменений в конструкцию **INLINE** привода. Упрощена сборка и уменьшена сложность конструкции узла. Уменьшены шум при работе и температура нагрева подшипников. Улучшены возможности по ремонту узла в местных сервисных центрах без замены картриджа шпинделя (некоторые термопосадки были заменены на резьбовые соединения, что позволяет обеспечить требуемый преднатяг подшипников, не используя специальное оборудование).



Сборку шпинделей на **HAAS Automation** выполняют высококвалифицированные специалисты.



Ответственные поверхности закалены до 55/60 HRC.

Шейки под подшипники и резьбы запорных фланцев изготавливаются с допуском 3–10 мкм.

Сборка картриджей осуществляется в чистом помещении. Валы и подшипники измеряются и разделяются на группы, после чего осуществляется селективная сборка.

Балансировка осуществляется в двух плоскостях на станках Hoffmann по ISO G2,5 или выше.



В характеристике шпинделей **HAAS** указаны параметры по моменту и мощности на выходном валу шпинделя (замеряются и документируются на специальном стенде), в то время как ряд производителей указывают значения на валу электродвигателя и не учитывают механические потери мощности/момента в шпинделе и трансмиссии (ременной передаче).

Стандартные задачи для двухпаллетных горизонтальных обрабатывающих центров HAAS с конусом ISO40

- Изготовление корпусов приборов (легкие сплавы, цельные и литые заготовки);
- производство автокомпонентов (легкие сплавы, сталь, чугун);
- обработка распределительных и золотниковых элементов гидравлики, изготовление корпусов для гидравлики общепромышленного назначения (сталь, чугун), запорная арматура (литые заготовки);
- изготовление деталей для сельскохозяйственной техники, специального автотранспорта, дорожной коммунальной техники;
- продукция военного назначения: высокоточные детали узлов и механизмов;
- товары народного потребления;
- авто/мото спорт.

Горизонтальные двухпаллетные станки **HAAS** используются в мелкосерийном/серийном производстве средне-

размерных деталей и крупносерийном производстве малоразмерных деталей, когда на паллете закрепляется несколько деталей одновременно и тем самым достигается дополнительное сокращение времени на смену инструмента и холостые хода.

HAAS серии EC работают не только по легким сплавам, но и по сталям, чугунам.

В случае обработки партии габаритных заготовок из сталей и высоколегированных сталей, размер которых совпадает с размером паллеты, эффективность станков **HAAS** серии EC с конусом ISO40 значительно уступает машинам с конусом ISO50.

Задачи массового производства станки **HAAS** не решают.

Возможности горизонтальных станков **HAAS** подтверждаются работой на российских предприятиях, выпускающих продукцию в абсолютно разных областях техники.

www.abamet.ru



Примеры обработки



Шпиндели HAAS после тестирования



Уважаемые читатели!

Предлагаем Вам подписаться
на «Комплект: ИТО»
на первое полугодие 2013 года

Подписаться можно в любом почтовом отделении

по объединенному каталогу

«ПРЕССА РОССИИ»

Цена на 6 месяцев – 2442 рублей!
(см. каталог <http://www.pressa-rf.ru/cat/1/indx/42049/>)

Цена на 12 месяцев – _____ рублей! (см. каталог)

индекс **42049**

Для оформления подписки в почтовом отделении можно вырезать и заполнить данную форму

Ф. СП-1		АБОНЕМЕНТ на газету 42049 <small>журнал</small> (индекс издания)									
«Комплект: ИТО»		Количество комплектов:									
на 2013 год по		месяц а м:									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куда		(почтовый индекс)		(адрес)							
Кому		(фамилия, инициалы)									
ПВ		место		ли-тер		ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА					
						на газету 42049 <small>журнал</small> (индекс издания)					
						«Комплект: ИТО»					
Стои-мость	подписки	руб.	коп.	Количество комплектов							
	переадресовки	руб.	коп.								
на 2013 год по		месяц а м									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куда		(почтовый индекс)		(адрес)							
Кому		(фамилия, инициалы)									

ООО «Инструменты. Техно логия. Оборудование»
107023, РФ, Москва, ул. Б. Семеновская, д. 49, оф. 334
Тел./факс: +7 (095) 366-98-00, 369-57-08
e-mail: exp@ito-baza.ru; www.ito-news.ru

