

УДК 621.

Контроль параметров червяка

Студенты гр. 10703123 А.А. Сорока, Е.С. Осипов, А.А Кислицкий

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.Д. Василенок

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Контроль параметров червяка.

Контроль отклонения винтовой линии.

Контроль отклонения винтовой линии червяка осуществляется на специальных и универсальных приборах, предназначенных для контроля червячных фрез.

Рассмотрим контроль отклонения винтовой линии на приборе КИФЧ для проверки идентичности червяка и червячной фрезы. При этом проверяемый червяк устанавливается на место фрезы.

Как видно из принципиальной схемы прибора (рис. 1, а), за один оборот контролируемого червяка измерительный наконечник перемещается вдоль оси на один осевой шаг его витка. После того как эталонный и проверяемый червяки установлены в центрах, во впадину эталонного червяка 5 вводят неподвижный наконечник 6, во впадину проверяемого червяка 3 вводят измерительный наконечник 2.

Освободив стол 1 от закрепления, начинают вращать маховик 4, приводящий во вращение оба шпинделя прибора. Вследствие того, что во впадину эталонного червяка введен неподвижный наконечник, эталонный червяк как бы ввинчивается в гайку и заставляет перемещаться стол с передней бабкой относительно измерительного наконечника. Если эталонный и проверяемый червяки идентичны по ходу, измерительный наконечник 2 не отклонится от своего положения; в случае отклонения хода винтовой линии погрешность можно определить по отсеченному устройству.

Прибор прост в обращении, имеет высокую производительность и особенно выгоден при контроле червяков в массовом или крупносерийном производстве. К недостаткам прибора КИФЧ следует отнести неравномерность движения эталонного и проверяемого червяков и погрешности зубчатой передачи, влияющие на точность

Лишен этих недостатков прибор, созданный на Харьковском тракторном заводе. На нем (рис. 1, б) проверяемый 1 и эталонный 2

червяки устанавливаются на одной оправке 3, которая помещается в центрах прибора. Неподвижный 4 и измерительный 5 наконечники установлены на одной и той же подвижной каретке 6 и при совместном вращении проверяемого и эталонного червяков отсчетное устройство непосредственно отметит отклонение хода винтовой линии. Однако прибор имеет ограниченное применение, он пригоден только для контроля насадных червяков.

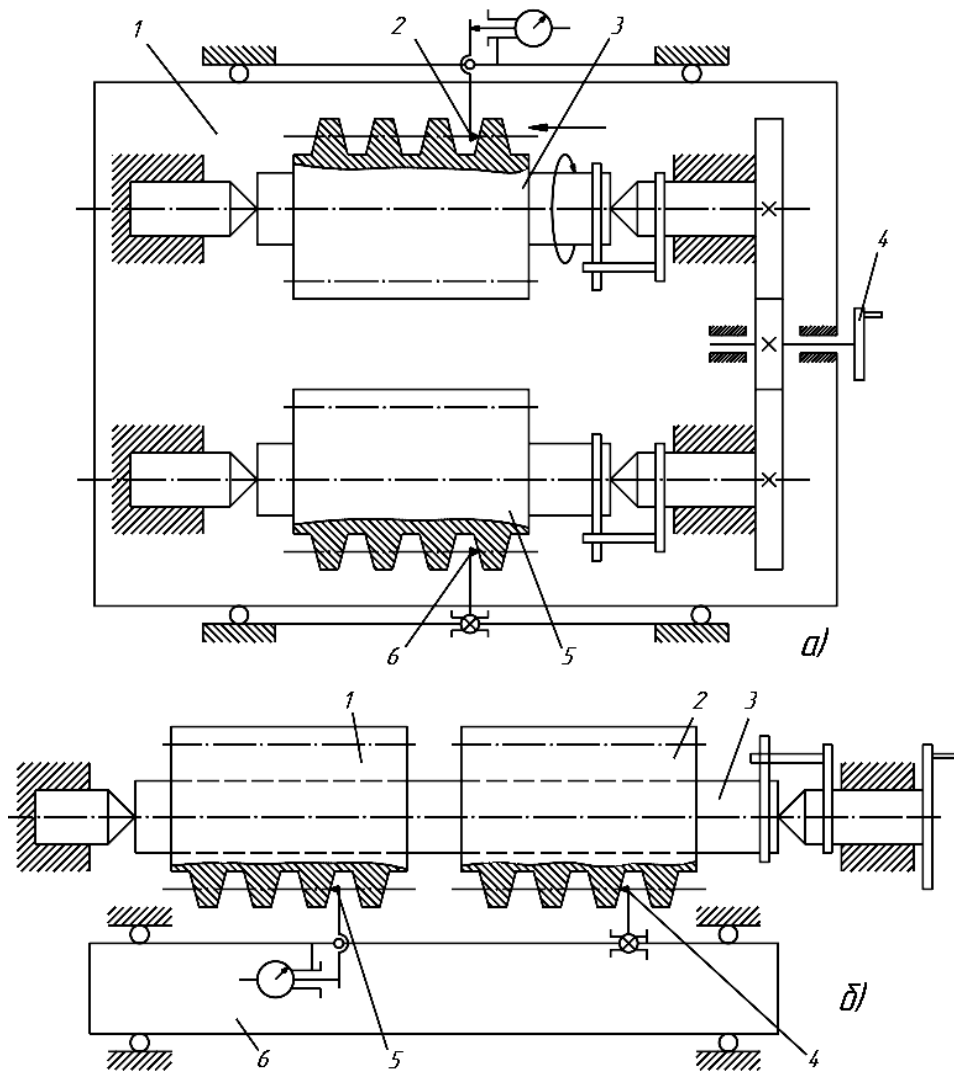


Рис. 1. Принципиальные схемы приборов КИФЧ (а) и ХТЗ (б) для проверки идентичности хода червяка и червячной фрезы.

Контроль отклонений винтовой линии червяков можно осуществить также на приборах для контроля червячных фрез Московского инструментального завода и на приборах ИД. У них нет недостатков, присущих приборам КИФЧ и ХТЗ, а также не требуется применение

эталонных червяков. Самыми совершенными из них являются приборы типа ИД конструкции И.У. Дружинина.

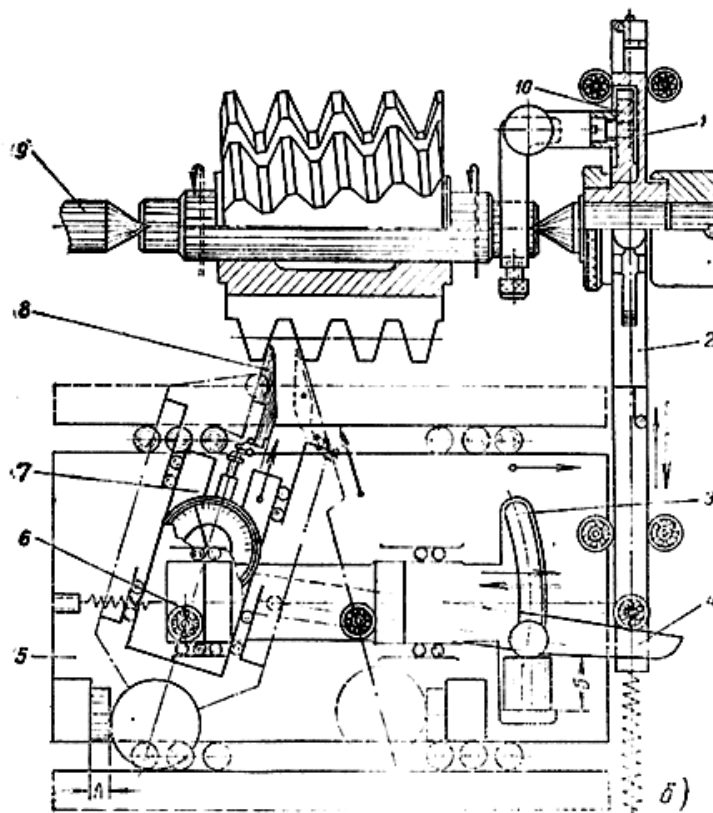


Рис. 2. Прибор ИД для контроля червячных фрез и его кинематическая схема.

Прибор предназначен для контроля червячных фрез по ГОСТ9324- 60, а также специальных червячных фрез для нарезания червячных колес. Кроме того, на приборе можно контролировать также червяки, зуборезные гребенки всех типов и отдельные элементы долбяков и шеверов. Основные узлы прибора: станина с центровыми бабками 9, поперечный суппорт с продольной измерительной кареткой 5, верхняя измерительная каретка 7 с поворотным основанием, обкаточный механизм с делительным диском 10 (рис. 2). На станине установлен индикатор, предназначенный для контроля отклонений осевого шага.

Для перемещения суппорта служит маховичок. В нужных положениях суппорт стопорится винтом. Продольная измерительная каретка 5 перемещается по направляющим на шарикоподшипниковых опорах с помощью другого маховичка и тоже стопорится винтом. Измерительная каретка 7 перемещается специальной рукояткой. Перемещения

отсчитываются по масштабной линейке, установленной у основания каретки. Поворотное основание измерительной каретки закрепляют в нужном положении винтом. В корпусе измерительной каретки смонтирован индикатор с измерительным наконечником 8, который в процессе измерения скользит по контролируемой поверхности изделия.

В основу конструкций приборов типа ИД положен новый принцип измерения червячных модульных фрез в так называемых производящих режущих сечениях и обеспечение связи вращательного движения фрезы с поступательным перемещением контактной точки измерительного наконечника.

Из приведенной кинематической схемы прибора видно, что связь движений достигается при помощи основной синусной линейки 4 с плавающей кареткой 3, обкатывающего стержня 2, обкатывающего цилиндра 1 и продольной измерительной каретки 5 с шарикоподшипником 6. Все движения в приборе показаны на схеме двойными стрелками.

В качестве отсчетного устройства у приборов относительной (сравнительной) оценки результатов измерения используются индикаторы типа ИЧМ-2 с ценой деления 0,002 мм. У приборов абсолютной (непосредственной) оценки результатов измерения в верхней измерительной каретке установлен тот же индикатор, а для отсчета перемещений продольной каретки стеклянная шкала и микроскоп со спиральным нониусом. При контроле отклонений винтовой линии червяка устанавливается в центрах прибора, хомутик соединяется с поводком обкаточного механизма. Между опорной плоскостью плавающей каретки и контрольным цилиндром основной синусной линейки устанавливается блок концевых мер размером Б, который определяется по формуле

$$Б = \Gamma - (R_1 \sin \lambda + r_1), \quad (1)$$

где Γ , R_1 , r_1 - характеристики установки синусной линейки (берутся из паспорта прибора);

λ – угол подъема винтовой линии контролируемого червяка.

Контроль отклонения винтовой линии червяка осуществляется по левым и правым сторонам витков червяка при положении основания верхней измерительной каретки перпендикулярно к линии оси центров прибора; измерительный наконечник располагается посередине высоты витка. За отклонение винтовой линии червяка принимают наибольшую абсолютную ошибку, обнаруженную при проверке на одном обороте и на

всей длине витков. Отклонение винтовой линии является комплексным показателем точности и заменяет контроль отклонений шага, профиля и радиального биения витков червяка.

Вместе с тем контроль отклонений винтовой линии не требует специальных приборов в зависимости от типа червяков. На описываемых выше приборах можно осуществлять контроль червяков всех трех типов: архимедовых, конволютных и эвольвентных. Поэлементный же комплекс показателей точности требует применения различных приборов в зависимости от типа червяка. И все же им приходится пользоваться, т. к. описанные выше приборы имеют ограниченные пределы измерения и не обеспечивают полностью возможности комплексного контроля во всех отраслях народного хозяйства из-за конструктивного многообразия червяков. Поэтому, несмотря на многие достоинства рассматриваемого комплексного метода контроля червяков (универсальность, высокая производительность, возможность применения описываемых приборов в цеховых условиях), часто приходится осуществлять контроль поэлементно.

Контроль профиля и шага.

Контроль профиля и шага червяка может быть осуществлен помощью многих приборов. Контроль погрешности профиля, прямолинейности профильной прямой витков червяка и отклонения угла от номинального значения осуществляется для архимедовых червяков в осевом сечении, для эвольвентных червяков — в сечении, касательном к основному цилиндру, и для конволютных червяков — в нормальном сечении к направлению витков, т. е. во всех случаях контроль ведется в сечении, имеющем прямолинейный профиль. На измерительных приборах типа ИД и на приборах Московского и Ленинградского инструментальных заводов такой контроль осуществляется в осевой плоскости. Таким образом, эта группа приборов предназначена для контроля архимедовых червяков. На универсальном приборе для контроля червячных фрез фирмы «Клингельнберг» отклонения шага и погрешности профиля можно определять как в осевой плоскости, так и в нормальном сечении к направлению витков червяка. Конструкция этого прибора позволяет контролировать архимедовы и конволютные червяки.

На оптико-механических приборах: инструментальных и универсальных микроскопах, а также на проекторах различных конструкций — осевой шаг и профиль червяка контролируются в осевой плоскости (у червяков с небольшими углами подъема винтовой линии) и в

нормальном сечении (у червяков с большими углами подъема винтовой линии червяка). Поэтому эта группа приборов пригодна также только для архимедовых червяков.

Отклонения шага и погрешности профиля у червяков с эвольвентным профилем можно проверять на универсальном приборе для контроля червячных фрез фирмы «Людвиг Леве», конструкция которого позволяет осуществлять измерения в плоскости, касательной к основному цилиндру.

Контроль архимедовых червяков на измерительных микроскопах.

Конструкция измерительных микроскопов в книге не рассматривается, так как благодаря их широкому применению в области линейно-угловых измерений различных отраслей народного хозяйства их устройство достаточно освещено в специальной метрологической и технической литературе. Общий вид микроскопа УИМ-21 приведен на рисунке 3. Контролируются профиль и шаг витков червяка на измерительных микроскопах так же, как и при измерении цилиндрических резьб. При этом возможны два метода: метод теневого изображения, при котором контролируемое изделие помещают на пути световых лучей и теневое изображение контура изделия наблюдают в главный микроскоп, и метод осевого сечения.

Сущность метода осевого сечения заключается в том, что к контролируемому изделию вплотную придвигают измерительные ножи с нанесенными на их поверхности параллельно лезвию тонкими рисками. Ножи определяют собой плоскость измерения (для тел вращения эта плоскость будет осевым сечением). При этом методе наводка пунктирных линий сетки штриховой головки главного микроскопа производится не по теневому контуру изделия, а по риску и лезвию ножа. Наивыгоднейший диаметр отверстия диафрагмы при методе осевого сечения 25–30 мм.

Для применения ножей необходимы специальные приспособления, состоящие из двух опорных пластин, ножедержателей и специальной осветительной насадки, надеваемой на оправку объектива. Конструкция инструментальных микроскопов не позволяет применять ножи, поэтому контроль на них осуществляется только теневым методом. Зато на универсальном микроскопе можно пользоваться обоими методами. Подготовку прибора к измерению профиля и шага витков червяка производят так же, как и к измерению резьбовых изделий: контролируемый червяк устанавливают в центре, а затем устанавливают

соответствующий диаметр диафрагмы и наклоняют колонну на угол подъема винтовой линии червяка.

Наиболее выгодный диаметр отверстия диафрагмы при контроле червяков определяется по эмпирической формуле.

$$D = k_1 \sqrt[3]{\frac{\sin \alpha}{d_{\partial}}}, \quad (2)$$

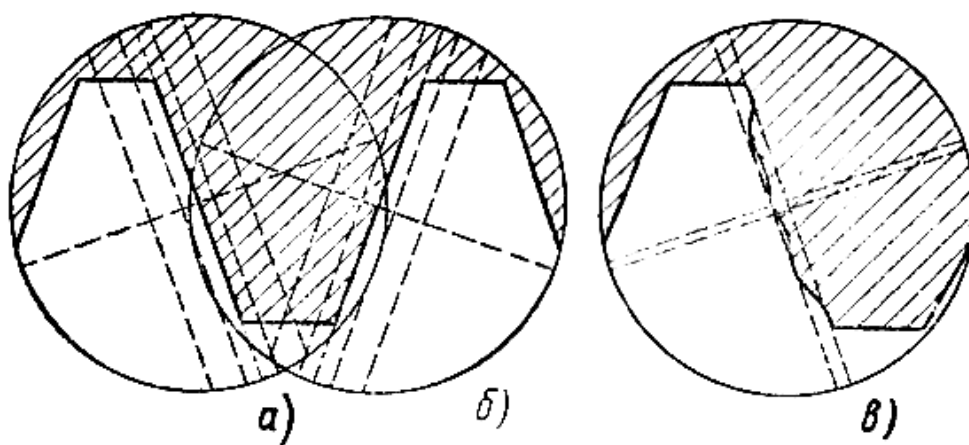


Рис. 3. Универсальный измерительный микроскоп УИМ-21 и схема контроля профиля червяка на нем.

где D – диаметр отверстия диафрагмы, мм;

k – коэффициент пропорциональности, равный 31,5;

d_{∂} – диаметр делительного цилиндра червяка, мм;

α – угол профиля червяка, град.

Вращая сетку окулярной головки, устанавливают центральную (среднюю из пяти) пунктирную линию параллельно образующей профиля червяка и совмещают их, как показано на рисунке 3, а, действуя подачей продольной или поперечной каретки. При этом вторая пунктирная линия (перпендикулярная первой) должна делить контролируемую сторону витка червяка примерно пополам, т. е. измерение ведется вблизи диаметра делительной окружности червяка.

После совмещения пунктирной линии с контуром производят отсчет по угловому микроскопу. Полученный отсчет дает угол профиля витка червяка. После этого, вращая сетку окулярной головки в противоположную сторону, производят наводку по другой стороне

профиля витка червяка (рис. 3, б) и получают некоторый отсчет β , причем разность $360^\circ - \beta$ также даст угол профиля червяка.

Прямолинейность профиля контролируют по совпадению пунктирной линии с контуром витка червяка (рис. 3, в). Отсчет показаний производят по шкалам микровинтов продольного перемещения у инструментальных микроскопов и по продольному отсчетному микроскопу со спиральным нониусом у универсального микроскопа.

Погрешность профиля и прямолинейность продольной прямой витков червяка определяют описанным способом в трех точках, равноотстоящих по длине и окружности червяка.

При развороте колонки микроскопа на угол подъема винтовой линии червяка пучок лучей от источника света направляется параллельно винтовой линии и в поле зрения получается изображение червяка в его нормальном к направлению витков сечении. Номинальные величины угла профиля α_n в нормальном сечении червяка должны соответствовать величинам, подсчитанным по формуле

$$tg\alpha_n = tg\alpha \cdot \cos \lambda, \quad (3)$$

где α – угол профиля в осевом сечении;

λ – угол подъема винтовой линии червяка.

Для червяков с углом профиля в осевом сечении 20° формула имеет вид

$$tg\alpha_n = 0,36397 \cdot \cos \lambda. \quad (4)$$

Погрешность профиля у червяков с углом подъема винтовой линии больше 12° можно проконтролировать на инструментальных микроскопах типа ИТ и БМИ с помощью специального приспособления (рис. 4), предложенного и примененного инженером Селютиным А. А. (г. Ленинград). Это приспособление позволяет осуществлять наклон оси червяка относительно хода каретки микроскопа на величину угла подъема винтовой линии червяка, который отсчитывается по угломерному устройству с нониусом. Контроль осуществляется теневым методом в нормальном сечении.

Контроль погрешности профиля у архимедовых червяков осуществляется теневым методом в осевой плоскости без разворота колонки микроскопа. При контроле червяков с большими углами подъема

винтовой линии измерение производится в осевом сечении с помощью специальных измерительных ножей, применяемых для контроля резьб.

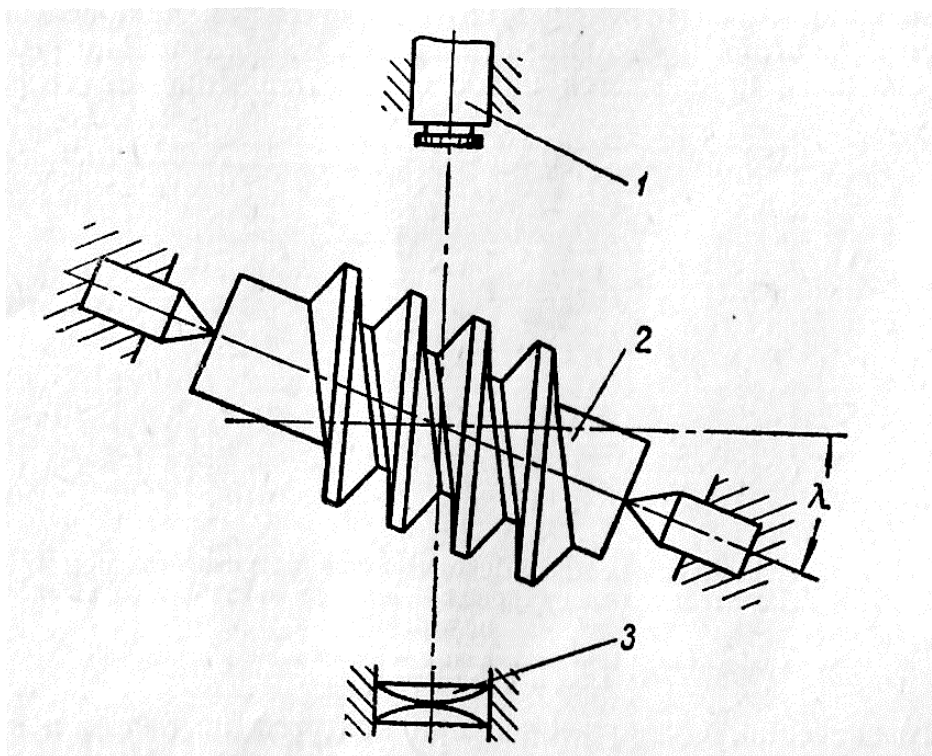


Рис. 4. Принципиальная схема приспособления для контроля профиля червяка: 1 – объектив; 2 – червяк; 3 – конденсор осветителя.

Отклонение соседних осевых шагов червяка и накопленной погрешности осевого шага на всей длине червяка контролируется на инструментальных микроскопах типа ИТ и БМИ, а также на универсальных микроскопах УИМ одновременно с измерением профиля витков червяка. На инструментальном микроскопе типа ИТ шаг можно контролировать только теньвым методом, в то время как на инструментальных микроскопах БМИ и универсальных микроскопах УИМ для этого можно применить метод теневого изображения, метод осевого сечения и контактный метод.

При контроле шага теньвым методом установка червяка и настройка микроскопа не отличаются от установки и настройки при контроле погрешности профиля витков. Перекрестие центральной штриховой линии также должно находиться посередине витка вблизи от диаметра делительного цилиндра червяка. После отсчета по шкале продольного хода перемещают каретку микроскопа в продольном направлении так, чтобы та же линия окулярной сетки наложилась на сторону профиля соседнего

витка. Снимают второй отсчет по шкале продольного хода. Разность обоих отсчетов дает действительную величину шага червяка. Контроль шага ведут по правым и левым сторонам витка червяка. За отклонение единичного шага принимают наибольшее отклонение из всех произведенных проверок единичных шагов.

Контроль накопленной погрешности на длине n шагов производится так же, как и для соседних шагов, с той разницей, что каретка микроскопа перемещается в продольном направлении на расстояние nt . За предельное отклонение накопленной погрешности осевого шага принимается наибольшее отклонение от теоретического значения, обнаруженное при контроле по левым и правым сторонам витка червяка.

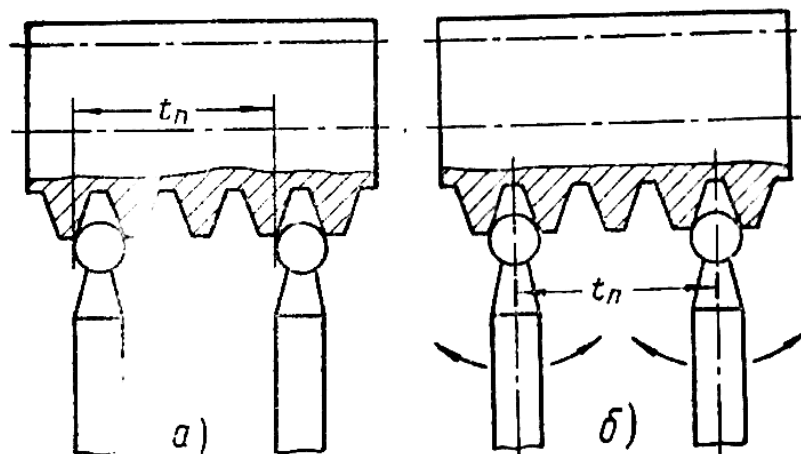


Рис. 5. Схема контроля шага червяков на универсальном измерительном микроскопе с применением специальных ножей: а — с шариковыми наконечниками; б — с шариковыми наконечниками и с визирной риской.

При контроле шага методом осевого сечения с помощью измерительных ножей диафрагма универсального микроскопа открывается на 25—30 мм, а на объектив надевается специальная насадка с полупрозрачной пластинкой. На каретке устанавливаются приспособления для крепления ножей.

При контроле отклонений шага по одноименным сторонам профиля нож подводится вплотную, без просвета, поочередно к двум виткам червяка, между которыми производится измерение шага. При этом методе наводка пунктирных линий сетки окулярной головки микроскопа

производится по риску и лезвию ножа. Отсчеты снимаются по шкале продольного хода.

Шаг крупномодульных червяков контролируется на универсальном микроскопе с применением специальных ножей с шариковыми наконечниками (рис. 5, а). Диаметр шарика выбирается таким, чтобы при установке шарика во впадины витка червяка он касался рабочих участков профиля, а центр его находился вне впадины витка. В этом случае измерение с помощью специальных ножей с шариковыми наконечниками будет производиться так же, как и с помощью ножей, в осевой плоскости. Центральная пунктирная линия сетки окулярной головки микроскопа устанавливается по касательной к шарiku ножа при положении углового лимба микроскопа 0° , т. е. пунктирная линия должна располагаться перпендикулярно оси контролируемого червяка. Отсчеты снимаются по шкале продольного хода. При измерении показания отсчета поперечного хода микроскопа не должны изменяться.

При контроле отклонений осевого шага крупномодульных червяков диаметром свыше 160 мм для повышения точности измерения используют специальные ножи с шариковыми наконечниками, имеющими визирную риску (рис. 5, б). Стрелками на фигуре показаны вспомогательные повороты ножа для установки визирной риски перпендикулярно оси контролируемого червяка. Диафрагма микроскопа должна быть установлена так, чтобы диаметр шарового наконечника, измеренный на микроскопе теневым методом, не отличался более чем на 0,002 мм от размера, полученного ранее (при аттестации ножа) при измерении контактным методом.

Контроль осевого шага червяков с большими углами подъема осуществляется на универсальном микроскопе с применением контактного приспособления ИЗО-2.

Вместо обычного наконечника в контактное приспособление крепится специальная переходная державка (рис. 6), которая позволяет, в свою очередь, закрепить любой шариковый наконечник, имеющий хвостовик с той же резьбой. Шариковый наконечник вводится во впадину витков червяка. Угломерная головка микроскопа ставится на нуль; двойные штрихи приспособления устанавливаются симметрично центральной штриховой линии окулярной сетки. Снимается отсчет по шкале продольного хода, и вся операция повторяется по следующей впадине. Разность отсчетов дает величину шага.

Контроль накопленной погрешности осевого шага червяка производится так же, как и контроль соседних осевых шагов, с той лишь разницей, что наконечник перемещается в продольном направлении на заданное число шагов.

Контроль конволютных червяков. Профиль конволютных червяков прямолинеен в нормальном к направлению витков сечении, поэтому именно в нем он и должен контролироваться. Этот контроль можно проводить методом теневого изображения на измерительных микроскопах или контактным методом на специальном приборе МА-250 фирмы «Клингельнберг» для контроля червячных фрез.

Прибор МА-250 имеет следующие основные узлы: чугунную станину, на которой смонтировано нижнее поворотное основание с центровыми бабками; продольный суппорт, несущий на себе поперечный суппорт; две измерительные головки с микротастами, установленные на поперечном суппорте; узел червячной передачи для разворота нижнего поворотного основания на угол подъема винтовой линии. В качестве отсчетного устройства на приборе используются микротасты с ценой деления 0,002 мм. Измерительная головка перемещается по направляющим поворотного основания измерительной каретки.

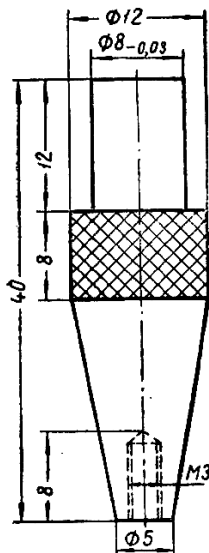


Рис. 6. Специальная державка к приспособлению ИЗО-2.

Поворотное основание измерительной каретки устанавливается по отношению к направлению, перпендикулярному оси центровых бабок под углом профиля червяка. Перемещение измерительных головок определяется по шкале и нониусу. Перемещение продольного суппорта в

направлении, параллельном оси центровых бабок, на теоретическую величину осевого шага определяется размером блока концевых мер, который помещается между измерительной плоскостью продольного суппорта и измерительным наконечником микротаста, закрепленного на станине прибора.

На рисунке 7 дана принципиальная схема контроля погрешности профиля конволютных червяков. На приборе МА-250 контролируемый червяк устанавливается в центрах таким образом, чтобы ось его составляла с плоскостью измерения угол λ , равный углу подъема винтовой линии на делительном цилиндре червяка. Это достигается по шкале и нониусу с помощью поворота нижнего поворотного основания прибора. Между опорной плоскостью поворотного основания измерительной каретки и установочным упором, жестко закрепленным на верхней плоскости поперечного суппорта, устанавливается блок плоскопараллельных концевых мер, величина которого B подсчитывается по формуле

$$B = 200 \sin \alpha_n - K, \quad (5)$$

где α_n – угол профиля червяка в нормальном сечении;

K – постоянный коэффициент прибора (берется из паспорта).

Измерительный наконечник вводится в соприкосновение с боковой поверхностью витка червяка, и стрелка микротаста устанавливается на ноль. При перемещении измерительной головки в направлении, указанном на рисунке 7 стрелками, измерительный наконечник скользит по профилю червяка, а отклонения стрелки микротаста характеризуют погрешности профиля.

Профиль контролируется по обеим сторонам витка в трех точках, равноотстоящих друг от друга по длине и окружности червяка. Погрешность профиля определяется как алгебраическая сумма наибольших показаний микротаста при контроле профиля на длине рабочей высоты витка.

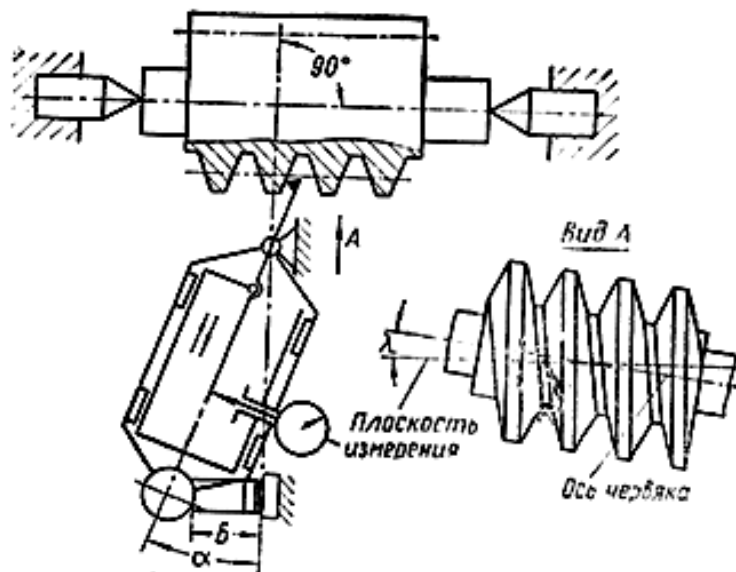


Рис. 7. Прибор для контроля червячных фрез типа МА-250 фирмы «Клингельнберг» и принципиальная схема контроля погрешности профиля конволютных червяков.

На этом же приборе МА-250 контролируется отклонение осевого шага червяков контактным методом.

При контроле ось контролируемого червяка устанавливается в плоскости измерения. Параллельность оси червяка ходу продольной каретки прибора контролируется по специальной цилиндрической оправке. Движением измерительной головки, установленной под углом профиля α , измерительный наконечник подводится к боковой поверхности витка червяка примерно в его середине. Микротаст устанавливается на нуль. После этого измерительный наконечник движением измерительной головки вдоль профиля червяка выводится за пределы поверхности выступов червяка. Продольный суппорт вместе с измерительной головкой перемещается параллельно оси червяка на величину номинального осевого шага, который определяется по блоку концевых мер, и измерительный наконечник подводится к соседнему профилю. Отклонение стрелки микротаста покажет погрешность осевого шага червяка.

Контроль производится по правым и левым сторонам профиля витков в трех точках, равноудаленных друг от друга по длине окружности. За отклонение осевого шага червяка принимают и наибольшее отклонение из всех замеров.

Контроль накопленной погрешности осевого шага осуществляется в той же последовательности, что и контроль погрешности осевого шага. Перемещение измерительной головки на номинальный размер двух шагов, трех шагов и т. д. определяется по блоку концевых мер. За предельную накопленную погрешность осевого шага на длине червяка принимают наибольшее отклонение, обнаруженное по правым и левым сторонам профиля.

Последовательность контроля осевого шага и накопленной погрешности шага, описанная выше, применима для всех типов червяков. Принципиальная разница заключается лишь в контроле профиля, на что и обращается особое внимание при рассмотрении контроля эвольвентных червяков.

Контроль эвольвентных червяков.

Профиль эвольвентных червяков должен контролироваться в плоскости, касательной к основному цилиндру червяка, так как именно в этой плоскости находится прямолинейная образующая эвольвентной винтовой поверхности. Этому условию отвечает конструкция универсального прибора для контроля червячных фрез типа MUW фирмы «Людвиг Лев».

Контролируемый червяк зажимается в центрах бабок, предварительно установленных так, чтобы ось центров находилась на расстоянии, равном радиусу основного цилиндра от плоскости измерения. Измерительный стол устанавливается на угол профиля червяка α_0 в сечении, касательном основному цилиндру (рис. 8). При этом размер Б определяется по формуле

$$Б = R \cdot \sin(\beta - \alpha_0) - \frac{d}{2}, \quad (6)$$

где α_0 – Угол профиля в сечении, касательном к основному цилиндру червяка, связанный с углом профиля в нормальном сечении α_n и углом подъема винтовой линии на делительном цилиндре червяка λ зависимостью

$$\cos \alpha_0 = \cos \alpha_n \cdot \cos \lambda; \quad (7)$$

R, d, β – постоянные конструктивные величины прибора.

Контроль ведется при неподвижном червяке в отличие от контроля червячных фрез, когда используется дополнительное ввинчивающее

движение при помощи специального имеющегося на приборе устройства. Измерительный наконечник вводится в контакт с поверхностью витка червяка, а стрелка индикатора устанавливается на нуль. При перемещении нижней измерительной каретки измерительный наконечник движется по теоретической прямолинейной образующей профиля, а его отклонения от этого направления отмечаются стрелкой индикатора. Погрешность профиля червяка определяется как алгебраическая сумма наибольших показаний индикатора при контроле профиля на длине рабочей высоты витка.

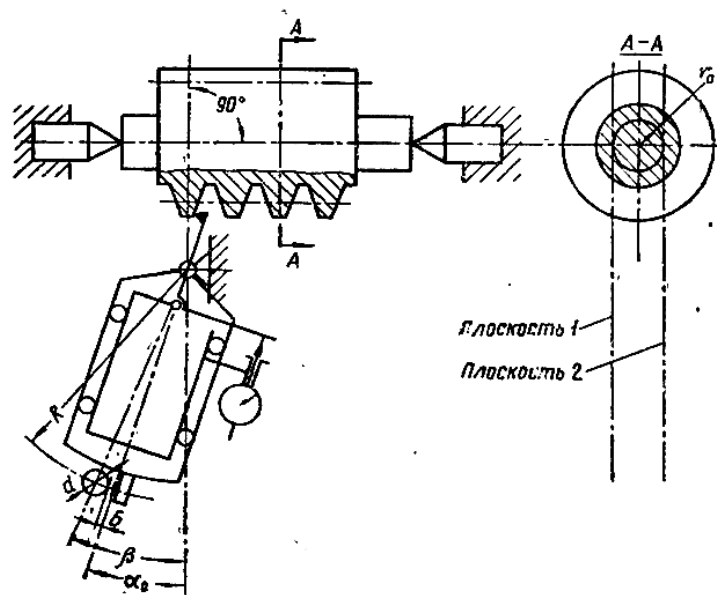


Рис. 8. Принципиальная схема контроля погрешности профиля эвольвентных червяков: плоскость 1 – плоскость измерения при проверке правого профиля у правого червяка и левого профиля у левого червяка; плоскость 2 – плоскость измерения при проверке левого профиля у правого червяка и правого профиля у левого червяка.

При контроле отклонений осевого шага и накопленной погрешности осевого шага на приборе фирмы «Людвиг Лев» измерительный стол устанавливается на угол $\alpha_0 = 0$ и движение верхней измерительной каретки совершается параллельно оси червяка.

Измерительные бабки устанавливаются по высоте также на нуль, т. е. ось червяка находится в плоскости измерения. Измерительный наконечник подводится к профилю витка червяка примерно посередине его высоты. Последовательность контроля отклонений и накопленной погрешности

осевого шага на этом приборе принципиально не отличается от контроля осевого шага на приборе фирмы «Клингельберг».

Контроль радиального биения.

Контроль радиального биения витков червяка в осевой плоскости можно проводить на приборах для контроля червячных фрез контактным методом.

Процесс контроля радиального биения витков начинается с установки контролируемого червяка в центрах прибора. При этом основание верхней измерительной каретки устанавливается перпендикулярно оси центров. Перемещением измерительной каретки сменный шариковый наконечник вводится во впадину витка червяка таким образом, чтобы он одновременно касался обоих профилей (рис. 9). На индикаторе верхней измерительной каретки устанавливается нуль с натягом 0,5–10,5–1 оборот. При вращении червяка в центрах прибора и соответствующем перемещении продольной каретки измерительный наконечник перемещается во впадине червяка и индикатор фиксирует величину радиального биения его витков относительно оси.

При отсутствии специальных приборов, применяемых для контроля червячных фрез и червяков, контроль радиального биения витков червяка может быть осуществлен на универсальном измерительном микроскопе УИМ-21. На станину универсального измерительного микроскопа крепится головка ортотеста с универсального зубоизмерительного прибора, предназначенная для контроля радиального биения зубчатого венца цилиндрических колес. Контролируемый червяк устанавливается в центрах микроскопа. Предварительная установка головки ортотеста производится по произвольно выбранной впадине, шариковый наконечник приводят в контакт с обеими сторонами витка. При таком положении измерительного наконечника во впадине витка червяка создают натяг по шкале ортотеста и устанавливают указатель шкалы на нуль. Стопорный винт продольного стола микроскопа должен быть отпущен.

Контроль радиального биения витков червяка осуществляется по схеме, приведенной на рисунке 10.

Такой метод прост, достаточно надежен, обеспечивает возможность контроля точных червяков и не требует больших затрат на оборудование. Достаточно изготовить установочную планку (рис. 11), размер C которой равен межцентровому расстоянию присоединительных отверстий головки ортотеста, а размер H позволяет устанавливать ось шарикового

измерительного наконечника в одной плоскости с осью центров микроскопа УИМ.

Для крепления планки на станине микроскопа используется стойка столика для записей, которая ввинчивается в резьбовое отверстие, имеющееся на станине. При контроле червяков диаметром свыше 100 мм вся система крепится на верхней части корпуса поперечной каретки, а сам червяк устанавливается в повышенных центрах специального дополнительного приспособления к микроскопу. Радиальное биение витков определяется тем же методом, что и у червяков с диаметром выступов до 100 мм. За радиальное биение принимается наибольшая разность по шкале ортотеста на одном обороте червяка. У многозаходных червяков контроль осуществляется на каждом витке.

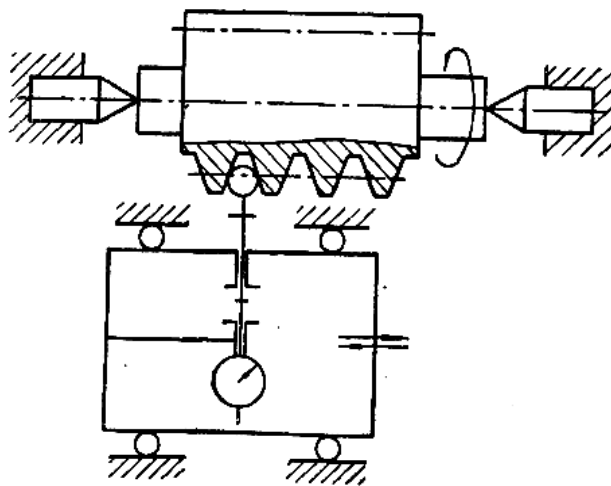


Рис. 9. Принципиальная схема контроля радиального биения витков червяка.

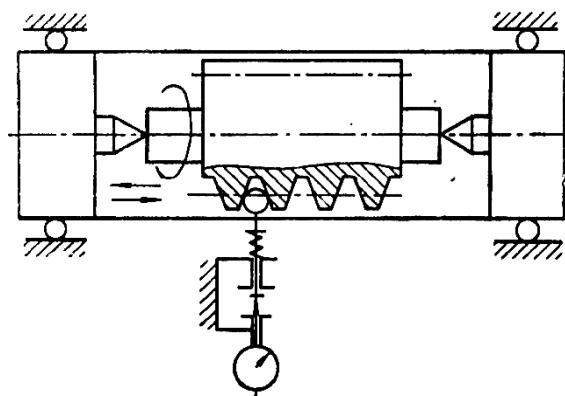


Рис. 10. Схема контроля радиального биения витков червяка на универсальном микроскопе.

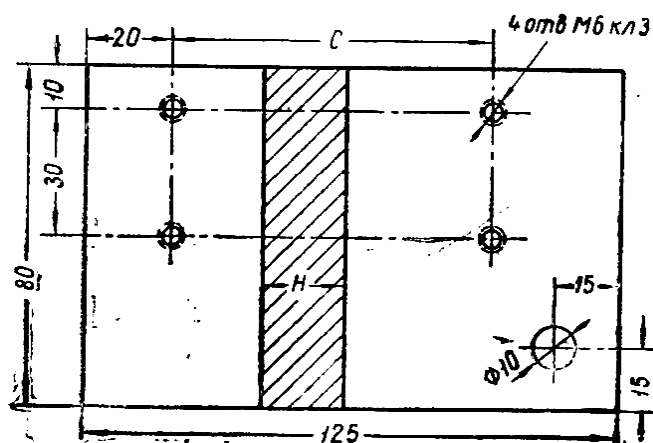


Рис. 11. Установочная планка.

Контроль толщины витка.

Контроль толщины витка позволяет установить, будет ли в собранной червячной передаче выдержан заданный боковой зазор при данном межосевом расстоянии с учетом неизбежных погрешностей витков червяка и зубьев червячного колеса. Номинальная толщина витка рассчитывается по хорде в нормальном сечении к делительному цилиндру и определяется по формуле

$$S = S_{\text{дч}} \cdot \cos \lambda, \quad (8)$$

где $S_{\text{дч}}$ – толщина витков по образующей делительного цилиндра.

Обычно

$$S_{\text{дч}} = \frac{\pi \cdot m}{2}, \quad (9)$$

λ – угол подъема винтовой линии червяка.

Допуск на толщину витка δS ограничивается разностью величин наибольшего и наименьшего уменьшения толщины витка

$$\delta S = \Delta_{\text{наиб}} \cdot S - \Delta_{\text{наим}} \cdot S \quad (10)$$

Для контроля отклонений толщины витка червяка применяются кромочные зубомеры. Эти приборы измеряют толщину витка по хорде на заданном расстоянии от окружности выступов. Штангензубомер (рис. 12, а) представляет собой, по существу, обычный штангенциркуль, объединенный с глубиномером с точностью отсчета по нониусу 0,02 мм.

Штангензубомеры выпускаются двух типоразмеров: для измерения зубчатых колес модулем 1 – 18 мм и 5 – 35 мм. Кроме штангензубомеров, существуют также и оптические зубомеры (рис. 12, б).

Базой измерения при контроле толщины витка служит диаметр окружности выступов червяка; кромочный зубомер настраивается на заданную высоту измерения. Если диаметр окружности выступов червяка имеет значительное отклонение от номинального размера, то в предварительную настройку зубомера вносится корректировка.

Разница в настройке зубомера составляет половину разницы между номинальным и действительным диаметрами окружности выступов. Затем зубомер накладывают на контролируемый виток червяка так, чтобы он упирался опорной планкой в вершину витка, и измеряют толщину витка по хорде в нормальном сечении. Измерение повторяется в трех точках, равноотстоящих друг от друга по длине и окружности червяка. Действительное отклонение равно разности замеренной толщины витка по хорде и номинального его значения.

Основные недостатки кромочных зубомеров: результат измерения зависит от точности и выполнения диаметра окружности выступов контролируемого червяка; измерение производится не плоскостью, а кромками измерительных губок, которые быстро изнашиваются, что вносит в результат измерения систематическую погрешность. В связи с указанными недостатками эти приборы не могут быть рекомендованы для контроля толщины витка точных червяков.

Кромочные зубомеры могут применяться при контроле толщины витка червяков больших размеров и грубых степеней точности в тех случаях, когда погрешности, вносимые недостатками приборов данной группы, не оказывают существенного влияния на качество передачи.

Контроль толщины витка червяка может быть также осуществлен на измерительных микроскопах методами теневого изображения и осевого сечения. Толщина витка измеряется одновременно с измерением шага или угла профиля.

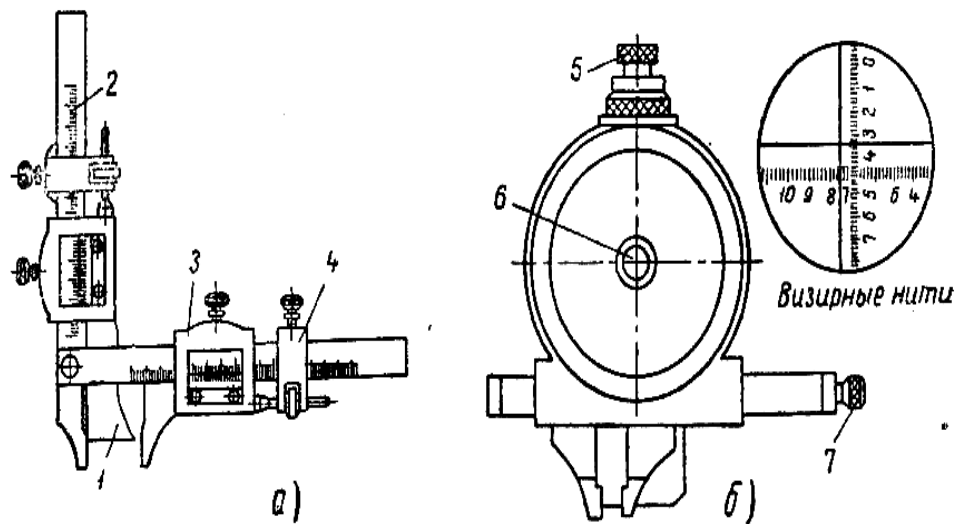


Рис. 12. Кромочные зубомеры:

а) штангензубомеры; б) оптический зубомер;

1 – высотная линейка; 2 – штанга; 3 – рамка с губкой; 4 – рамка микроподачи; 5 – винт вертикальной шкалы; 6 – лупа; 7 – винт горизонтальной шкалы.

Контролируемый червяк закрепляется в центрах, регулируется резкость окуляра главного микроскопа, а сетка устанавливается на нуль. Наивыгоднейший диаметр отверстия диафрагмы определяется по эмпирической формуле, которая приводилась раньше.

Колонку микроскопа наклоняют на угол, равный углу подъема винтовой линии червяка. Затем добиваются резкого и отчетливого изображения витка червяка. Первоначальное совмещение поперечной пунктирной линии окулярной сетки осуществляется по вершинам витков. Затем при помощи подачи поперечной каретки устанавливают пунктирную линию на заданную высоту измерения.

Центральную штриховую (среднюю из пяти) линию окулярной сетки микроскопа наводят на одну из сторон профиля витка червяка и производят отсчет по шкале продольного отсчетного микроскопа.

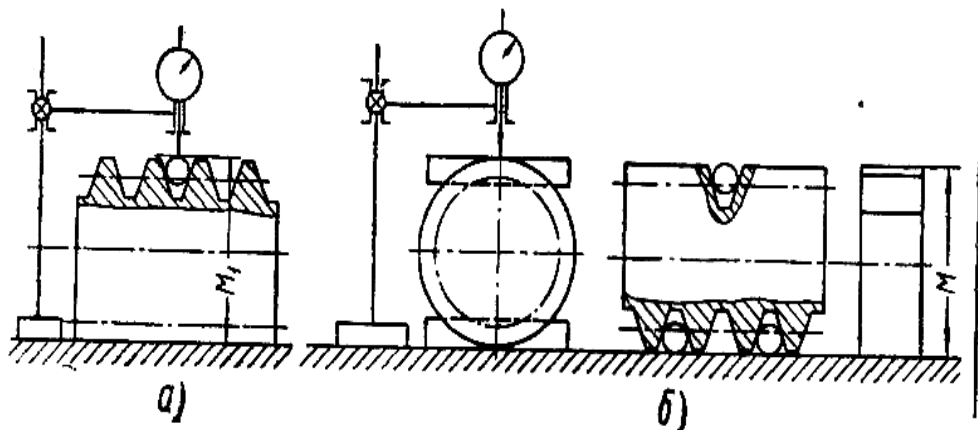


Рис. 13. Схема контроля диаметра делительной окружности червяка:
а — одной проволочкой; б — тремя проволочками.

После этого, действуя подачей продольной каретки, производят наводку по другой стороне витка и снова делают отсчет по шкале продольного отсчетного микроскопа. Разность отсчетов будет равна действительному значению толщины витка по хорде в осевом сечении.

Толщина витка измеряется методом осевого сечения так же, как и методом теневого изображения, с той лишь разницей, что к стороне профиля витка прикладывается нож и пунктирная линия сетки наводится не по теневому контуру, а по риску ножа.

Измерение как теневым методом, так и методом осевого сечения повторяется в трех точках, равноотстоящих друг от друга по длине и окружности червяка. Действительное отклонение равно разности длин замеренной толщины витка и номинального его значения.

К недостаткам метода измерения на микроскопах следует отнести зависимость результата измерения толщины витка от точности выполнения диаметра окружности выступов контролируемого червяка. Недостатком также является трудоемкость метода и ограниченность пределов измерения, так как измерение толщины витка на универсальных микроскопах не может быть осуществлено в производственных условиях.

Контроль диаметра делительной окружности червяка с помощью универсальных измерительных средств является проверкой, заменяющей контроль толщины витка.

Существуют два метода контроля диаметра делительной окружности червяка: с помощью одной проволочки (рис. 13, а) и тремя проволочками (рис. 13, б). Первый метод требует точного изготовления диаметра окружности выступов по размеру, конусности и овальности, так как при

этом измерении наружный цилиндр червяка служит контрольной базой. Перед началом измерения необходимо измерить диаметр окружности выступов червяка по всей его длине с точностью 0,01 мм и внести соответствующую поправку.

Измерение делительной окружности червяка с помощью трех проволочек осуществляется по схеме, приведенной на рисунке 13, б, и не зависит от качества изготовления диаметра окружности выступов.

Для червяков с углов профиля $\alpha=20^\circ$ при измерении одной проволочкой размер по микрометру подсчитывается по формуле

$$M_1 = \frac{d_{\text{вч}} + D_{\text{вч}}}{2} + 1,962 \cdot d + 2,158 \cdot m + 0,64 \cdot d \cdot \operatorname{tg}^2 \lambda, \quad (11)$$

а при измерении тремя проволочками по формуле

$$M = d_{\text{вч}} + d(3,924 + 1,1446 \cdot \operatorname{tg}^2 \lambda) - 4,3156, \quad (12)$$

где M_1 , M – отсчет по микрометру (блоку плиток), мм;

$D_{\text{вч}}$ – диаметр окружности выступов, мм;

d – диаметр проволочек, мм;

m – модуль червяка, мм;

Наивыгоднейший диаметр проволочек подсчитывается по формуле

$$d = \frac{t}{2 \cdot \cos \alpha}. \quad (13)$$

Проволочки для контроля мелко модульных червяков могут быть подобраны из числа стандартных проволочек для измерения резьб (по ГОСТ 2475—44). Рекомендуется подбирать проволочки ближайшего большего диаметра. Для контроля крупномодульных червяков необходимо вместо проволочек иметь комплект специально изготовленных измерительных роликов соответствующих диаметров.

Рассматриваемые методы контроля диаметра делительной окружности червяков имеют широкое применение для контроля точных червяков в станкостроении и точном приборостроении и могут быть рекомендованы во всех отраслях народного хозяйства. Достоинства метода — высокая точность, экономичность, возможность применения в производственных условиях и достаточно высокая производительность.

Литература

1. Кудрявцев В.В. Глобоидные передачи: теория и практика. — М.: Машиностроение, 1982. — 320 с.
2. ГОСТ 9369-77 Передачи червячные цилиндрические. Основные параметры. — М.: Издательство стандартов, 1977.
3. ГОСТ 17696-72 Передачи червячные глобоидные. Методы расчета. — М.: Издательство стандартов, 1972.
4. ГОСТ 24438-80 Червяки глобоидные. Основные параметры. — М.: Издательство стандартов, 1980.

УДК 621

**Методика образования кинематических схем замкнутых
дифференциалов дифференциально-планетарного вида с входным
ведущим солнечным колесом**

Магистрант Долгий С. А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент. Протасеня О. Н

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Схемы образуются путем различного чередования входных, выходных и промежуточных (связанных) звеньев дифференциального механизма D_1 и их сочетания с выходными, промежуточными и остановленными звеньями планетарного механизма Π .

Рассмотрим методику образования кинематических схем замкнутых дифференциалов дифференциально-планетарного вида D_1 - Π при входном ведущем звене a_1 – солнечном колесе дифференциального механизма (рис. 1).

При входном солнечном колесе a_1 , выходными звеньями могут быть или водило h_1 или эпицикл b_1 , связанные соответственно с выходными звеньями планетарного механизма: солнечным колесом a_2 , водилом h_2 , эпициклическим колесом b_2 .

Таким образом можно синтезировать 12 классических схем с одновенцовым сателлитом замкнутых дифференциалов дифференциально-планетарного вида (рис. 2) при входном солнечном колесе a_1 .

Для всех схем определены диапазоны изменения рациональных абсолютных передаточных отношений с учетом рекомендуемого диапазона