Чтобы определить угол поворота двух зубчатых колес относительно первого для обеспечения зацепления с червяком, учтем следующее:

1. **Передаточное отношение** червячной передачи:  
   i=Z2K=274=6.75*i*=*KZ*2​​=427​=6.75.
2. **Угол поворота колеса** при смещении на 120° вокруг червяка:  
   θ=120∘i=120∘⋅427=480∘27=160∘9≈17∘46′40′′*θ*=*i*120∘​=27120∘⋅4​=27480∘​=9160∘​≈17∘46′40′′.
3. Для трех колес, расположенных через 120°, углы поворота относительно первого:
   * Второе колесо: 160∘9≈17∘46′40′′9160∘​≈17∘46′40′′,
   * Третье колесо: 320∘9≈35∘33′20′′9320∘​≈35∘33′20′′.

**Ответ:**  
Угол поворота второго колеса — 17∘46′40′′17∘46′40′′​, третьего — 35∘33′20′′35∘33′20′′​ относительно первого.

Хорошо, давайте разберемся с этой задачей. У нас есть червячная передача с червяком типа ZI (это, наверное, цилиндрический червяк с архимедовой спиралью) и три зубчатых колеса, расположенных по кругу через 120 градусов. Нам нужно определить угол поворота каждого из двух зубчатых колес относительно первого, чтобы все они правильно зацеплялись с червяком.

Первым делом, вспомню основные параметры червячной передачи. Червяк имеет 4 витка (то есть число заходов червяка K = 4), модуль m = 1 мм, правое направление витка. Основной угол подъема червяка задан как 22 градуса 51 минута и 43 секунды. Ширина червяка 17 мм. Зубчатые колеса (червячные колеса) имеют 27 зубьев, модуль 1, тоже правое направление витков.

В червячной передаче угол подъема червяка связан с передаточным отношением. Обычно передаточное отношение i = Z2 / K, где Z2 - число зубьев колеса, K - число заходов червяка. В нашем случае Z2 = 27, K = 4, значит i = 27/4 = 6.75. То есть за один оборот червяка колесо повернется на 1/i оборотов, то есть на 4/27 оборота.

Но нам нужно определить угол поворота каждого из трех колес относительно первого, чтобы все они входили в зацепление с червяком. Поскольку они расположены под углом 120 градусов друг относительно друга, нужно понять, как их положение связано с углом поворота вокруг своих осей.

Первое, что приходит в голову: червяк при вращении будет перемещаться вдоль своей оси, и чтобы три колеса были правильно зацеплены, их зубья должны соответствовать текущему положению витков червяка. Возможно, нужно повернуть каждое последующее колесо на определенный угол, чтобы их зубья совпали с витками червяка при их угловом смещении на 120 градусов.

Рассмотрим, как червяк взаимодействует с колесами. Поскольку червяк имеет правый винт, то при вращении червяка колесо будет вращаться в определенном направлении. Однако в данном случае, возможно, мы не вращаем червяк, а просто устанавливаем колеса в правильное положение для зацепления.

Для червячной передачи важно, чтобы зубья колеса соответствовали шагу и углу подъема червяка. Поскольку колеса расположены под углом 120 градусов друг от друга, возможно, каждое следующее колесо должно быть повернуто относительно предыдущего на угол, соответствующий смещению на 120 градусов по окружности червяка.

Но червяк имеет шаг витка p = π\*m\*K (хотя тут, возможно, шаг - это осевой шаг червяка, который равен p = π\*m\*K). Однако для червяка ZI, возможно, шаг определяется как p = π\*m, а ходовая высота связана с числом заходов. Немного запутался. Давайте уточним.

Осевой шаг червяка p = π\*m. А ход червяка (расстояние, на которое перемещается точка на червяке за один оборот) равен p\_z = p\*K = π\*m\*K. Для нашего случая m=1, K=4, значит p\_z = π\*1\*4 = 4π мм. То есть за один оборот червяка точка на нем перемещается на 4π мм вдоль оси.

Но как это связано с углом поворота колес? При вращении червяка на один оборот колесо поворачивается на угол 360 градусов \* K / Z2 = 360 \*4 /27 ≈ 53.333 градуса. Но это при вращении червяка. А нам нужно установить колеса в правильное положение без вращения, чтобы они все зацеплялись.

Возможно, нужно учесть, что каждое колесо должно быть установлено с определенным угловым смещением, чтобы их зубья совпадали с витками червяка, учитывая их расположение на окружности.

Поскольку колеса расположены через 120 градусов, и червяк имеет определенный шаг витков, то смещение колес на 120 градусов по окружности должно соответствовать определенному угловому смещению самого колеса вокруг своей оси, чтобы зубья попали в соответствующие витки червяка.

Допустим, что шаг витка червяка p\_z = 4π мм, как мы вычислили. Окружность, на которой расположены колеса, имеет диаметр D. Но диаметр как? Возможно, расстояние между осями червяка и колеса a = (d1 + d2)/2, где d1 - делительный диаметр червяка, d2 - делительный диаметр колеса.

Делительный диаметр червяка d1 = m\*q, где q - коэффициент диаметра червяка. Но q обычно определяется как q = d1/m. Для червяков ZI обычно q = (Z2 + 2)/(4\*sin(γ)), где γ - угол подъема. Но это, возможно, сложно. Может быть, проще использовать стандартные соотношения.

Но в нашем случае угол подъема червяка задан: γ = 22°51'43''. Переведем это в градусы с десятичными долями:

43 секунды = 43/60 ≈ 0.7167 минут.

51.7167 минут = 51.7167/60 ≈ 0.8619 градусов.

Итого γ ≈ 22.8619 градусов.

Для червяка делительный диаметр d1 связан с модулем m и коэффициентом q: d1 = q\*m. Также угол подъема связан с q и числом заходов K:

tan(γ) = K\*m / (π\*d1) = K / (π\*q)

Потому что шаг витка p = π\*m, и ход p\_z = K\*p = K\*π\*m. Тогда tan(γ) = p\_z / (π\*d1) = K\*π\*m / (π\*d1) = K\*m / d1 = K / q, так как d1 = q\*m.

Отсюда q = K / (tan(γ))

В нашем случае K=4, γ≈22.8619°, тогда tan(γ) ≈ tan(22.8619) ≈ 0.421.

Тогда q ≈ 4 / 0.421 ≈ 9.5.

Но это приблизительно. Точнее, вычислим tan(22°51'43'').

22°51'43'' = 22 + 51/60 + 43/3600 ≈ 22 + 0.85 + 0.0119 ≈ 22.8619 градусов.

tan(22.8619°) ≈ tan(22.8619) ≈ 0.421.

Тогда q ≈ 4 / 0.421 ≈ 9.5.

Значит, делительный диаметр червяка d1 = q\*m = 9.5\*1 = 9.5 мм.

Делительный диаметр колеса d2 = m\*Z2 = 1\*27 = 27 мм.

Межосевое расстояние a = (d1 + d2)/2 = (9.5 + 27)/2 = 36.5/2 = 18.25 мм.

Но это, возможно, не нужно для решения задачи, но полезно для понимания геометрии.

Теперь, три колеса расположены по кругу через 120 градусов. Предположим, что окружность, на которой они расположены, имеет радиус, равный межосевому расстоянию a = 18.25 мм. Но, возможно, это не так, потому что расположение трех колес вокруг червяка требует, чтобы оси колес были расположены по окружности, центр которой совпадает с осью червяка. Но червяк - это винт, и колеса должны быть расположены вокруг его оси. Однако в реальности червячная передача обычно состоит из одного червяка и одного колеса, но здесь три колеса, расположенных вокруг червяка. Возможно, червяк имеет длину 17 мм (ширина червяка 17 мм), и три колеса расположены вдоль червяка, но под углом 120 градусов. Или они расположены вокруг червяка на одной окружности, но тогда оси колес должны быть параллельны оси червяка, что невозможно, если колеса должны зацепляться с червяком. Возможно, это пространственная схема, где три колеса расположены вокруг червяка под углом 120 градусов в плоскости, перпендикулярной оси червяка. Но тогда оси колес должны быть наклонены под углом, равным углу подъема червяка, чтобы обеспечить зацепление.

Но это сложно представить. Возможно, червяк расположен вертикально, а три колеса расположены вокруг него под углом 120 градусов в горизонтальной плоскости, и их оси радиально направлены к оси червяка. Тогда каждое колесо должно быть повернуто вокруг своей оси так, чтобы их зубья совпадали с витками червяка.

Но как это сделать? Поскольку червяк имеет винтовую нарезку, то для зацепления каждого колеса его начальный зуб должен совпадать с соответствующим витком червяка. Если колеса расположены под углом 120 градусов, то смещение по окружности вокруг червяка на 120 градусов должно соответствовать смещению витков червяка. Поскольку витки червяка имеют определенный шаг, то угловое смещение на 120 градусов вокруг червяка должно соответствовать линейному смещению вдоль оси червяка на определенное расстояние, которое связано с углом подъема.

Но шаг витка червяка p\_z = 4π мм (как мы вычислили ранее). Окружность, на которой расположены колеса, имеет длину окружности L = 2π\*R, где R - радиус расположения осей колес относительно оси червяка. Если межосевое расстояние a = 18.25 мм, то R = a = 18.25 мм, если оси колес находятся на этом расстоянии от оси червяка.

Но угловое смещение в 120 градусов соответствует дуге длиной L\*(120/360) = (2π\*18.25)\*(1/3) ≈ 12.17π мм. Это линейное смещение по окружности. Но как это связано с шагом витка червяка?

Если представить, что при повороте на 120 градусов вокруг червяка, точка на окружности смещается на 12.17π мм. Это должно соответствовать смещению вдоль оси червяка на такое расстояние, которое связано с углом подъема. То есть смещение вдоль оси червяка Δx = L\_arc / tan(γ). Но это если движение по винтовой линии.

Но в нашем случае, возможно, каждое колесо должно быть повернуто так, чтобы их зубья соответствовали виткам червяка, учитывая их положение вокруг червяка. Поскольку червяк имеет правый винт, то зубья колеса должны быть наклонены соответствующим образом.

Но зубья колеса также имеют правое направление витков, то есть их зубья наклонены в ту же сторону, что и витки червяка. Для зацепления червяка и колеса их углы подъема должны быть одинаковыми. Угол подъема червяка γ = 22.8619°, угол наклона зубьев колеса также должен быть равен γ.

Но как связан угол поворота колеса вокруг своей оси с его положением вокруг червяка?

Предположим, что первое колесо установлено в определенном положении, скажем, его зубья совпадают с витками червяка. Тогда второе колесо, расположенное на 120 градусов вокруг червяка, должно быть повернуто так, чтобы его зубья также совпали с витками червяка, но смещенными на 120 градусов по окружности.

Поскольку шаг витка червяка p\_z = 4π мм, то за один оборот червяка (если бы он вращался) колесо повернулось бы на 4/27 оборота. Но в нашем случае, возможно, нужно найти, на сколько нужно повернуть каждое колесо относительно первого, чтобы их зубья совпали с витками червяка в их положении.

Если окружность, на которой расположены колеса, имеет длину L = 2π\*a, где a = 18.25 мм, то угловое смещение 120 градусов соответствует линейному смещению вдоль окружности на L/3 ≈ 38.25 мм (поскольку L = 2π\*18.25 ≈ 114.76 мм, 114.76/3 ≈ 38.25 мм).

Это линейное смещение вдоль окружности должно соответствовать смещению вдоль оси червяка на Δx = 38.25 мм / tan(γ). Потому что движение по винтовой линии червяка: за один оборот червяка смещение вдоль оси равно p\_z = 4π ≈ 12.566 мм, а угловое смещение 360 градусов.

Но у нас смещение вдоль окружности на 38.25 мм соответствует угловому смещению 120 градусов. Тогда соответствующее смещение вдоль оси червяка Δx = (38.25 мм) \* (p\_z / L\_червяка\_на\_окружности).

Но L\_червяка\_на\_окружности - это длина окружности с радиусом a, то есть 2π\*a = 114.76 мм. Тогда коэффициент соотношения между угловым смещением и осевым смещением равен p\_z / L\_червяка\_на\_окружности = 4π / 114.76 ≈ 0.109.

Тогда Δx = 38.25 мм \* 0.109 ≈ 4.17 мм.

Это смещение вдоль оси червяка соответствует смещению витков. Теперь нужно понять, как это смещение связано с углом поворота колеса.

Поскольку шаг зуба колеса равен p = π\*m = π\*1 = π мм. То есть расстояние между зубьями колеса по делительной окружности равно π мм. Если ось колеса смещена на Δx вдоль оси червяка, то это соответствует смещению на Δx / p\_z \* K витков. Но не уверен.

Возможно, более правильно связать смещение вдоль оси червяка с углом поворота колеса. Поскольку за один оборот червяка колесо поворачивается на 4/27 оборота, то линейное смещение вдоль оси червяка на p\_z = 4π мм соответствует угловому смещению колеса на 4/27 оборота, то есть на 360\*(4/27) ≈ 53.333 градуса.

Тогда смещение на Δx = 4.17 мм соответствует угловому смещению колеса θ = (Δx / p\_z) \* (360\*K / Z2) )?

Или проще: отношение смещения Δx к ходу червяка p\_z даст долю оборота червяка, а затем умножить на угол поворота колеса за один оборот червяка.

θ = (Δx / p\_z) \* (360\*K / Z2) = (4.17 / 12.566) \* (360\*4 /27) ≈ (0.332) \* (53.333) ≈ 17.7 градуса.

Но это если червяк повернулся на часть оборота, соответствующую смещению Δx. Но в нашей задаче червяк не вращается, а колеса нужно повернуть относительно друг друга, чтобы их зубья совпали с витками червяка в их позициях.

Возможно, нужно учесть, что каждое следующее колесо, расположенное на 120 градусов вокруг червяка, должно быть повернуто на угол, который компенсирует их угловое положение относительно червяка. Поскольку витки червяка идут с шагом, то смещение на 120 градусов вокруг червяка требует поворота колеса на определенный угол, чтобы его зубья попали в витки.

Может быть, угол поворота колеса равен угловому смещению вокруг червяка, деленному на передаточное отношение. То есть 120 градусов / i = 120 / 6.75 ≈ 17.777 градусов. Это похоже на предыдущий расчет.

Поскольку передаточное отношение i = Z2 / K = 27/4 = 6.75, то угловое смещение колеса относительно червяка связано как θ\_колеса = θ\_червяка / i. Но если мы смещаем позицию колеса на 120 градусов вокруг червяка, это эквивалентно повороту червяка на θ\_червяка = 120 градусов. Тогда θ\_колеса = 120 / 6.75 ≈ 17.777 градусов. То есть каждое следующее колесо нужно повернуть на 17.777 градусов относительно предыдущего.

Но поскольку у нас три колеса, то второе колесо нужно повернуть на +17.777 градусов, третье на +35.555 градусов относительно первого. Но углы должны быть приведены в пределах 360, и возможно, их нужно выразить в минутах и секундах.

Однако, возможно, я ошибаюсь, потому что передаточное отношение связывает вращение червяка и колеса, а здесь мы не вращаем червяк, а устанавливаем колеса в разных позициях.

Другой подход: шаг витка червяка p\_z = 4π мм. Окружность, на которой расположены колеса, имеет длину L = 2π\*a. Если a = 18.25 мм, то L ≈ 114.76 мм. Смещение на 120 градусов соответствует длине дуги s = L \* (120/360) ≈ 38.25 мм.

Это смещение вдоль окружности должно соответствовать смещению вдоль оси червяка на s / tan(γ). Потому что tan(γ) = p\_z / (π\*d1) = осевой шаг / (π\*делительный диаметр червяка). Но ранее мы нашли tan(γ) = K / q = 4 / 9.5 ≈ 0.421.

Тогда смещение вдоль оси Δx = s / tan(γ) ≈ 38.25 / 0.421 ≈ 90.86 мм.

Но это больше, чем длина червяка (17 мм). Это невозможно, значит, такой подход неверен.

Возможно, я запутался. Попробую другой способ.

Угол поворота колеса относительно своего положения должен компенсировать их расположение вокруг червяка. Поскольку три колеса расположены через 120 градусов, то каждое колесо встречает виток червяка в другой точке. Чтобы зубья колеса совпали с витком червяка, каждое колесо должно быть повернуто на угол, соответствующий смещению витка вдоль червяка.

Шаг витка червяка p\_z = 4π мм. То есть через каждые 4π мм вдоль оси червяка виток повторяется. Если колеса расположены на окружности радиуса a = 18.25 мм, то угловое смещение 120 градусов соответствует линейному смещению s = 2π\*a\*(120/360) = 2π\*18.25/3 ≈ 38.25 мм по окружности.

Это линейное смещение s должно быть связано с осевым смещением червяка Δx, которое соответствует повороту колеса на определенный угол.

Соотношение между s и Δx определяется углом подъема червяка: tan(γ) = Δx / s.

Отсюда Δx = s \* tan(γ) ≈ 38.25 \* 0.421 ≈ 16.12 мм.

Теперь, зная Δx, мы можем найти, на сколько зубьев это смещение соответствует на колесе. Шаг зубьев колеса p = π\*m = π мм. Количество зубьев, соответствующее смещению Δx, равно Δx / p = 16.12 / π ≈ 5.13 зубьев.

Поскольку каждое зубчатое колесо имеет 27 зубьев, то угол поворота на 5.13 зубьев соответствует углу (5.13/27)\*360 ≈ 68.4 градусов.

Но это грубый расчет. Возможно, точнее будет через передаточное отношение.

Передаточное отношение i = Z2 / K = 27/4 = 6.75. Это означает, что за один полный оборот червяка (360 градусов) колесо повернется на 360 / 6.75 ≈ 53.333 градусов.

Если мы рассматриваем смещение на 120 градусов вокруг червяка как эквивалент частичного поворота червяка, то угол поворота колеса будет (120 / 360) \* 53.333 ≈ 17.777 градусов.

То есть каждое следующее колесо должно быть повернуто на 17.777 градусов относительно предыдущего. Тогда второе колесо на +17.777°, третье на +35.555° относительно первого.

Но так как три колеса расположены через 120°, то возможно, что углы поворота должны составлять 0°, 120°, 240°, но это не связано с передаточным отношением. Нет, это неверно, потому что поворот вокруг оси колеса не связан напрямую с углом их расположения вокруг червяка.

Попробую еще раз. Представим, что червяк имеет несколько витков, и три колеса должны зацепиться с этими витками в разных точках. Поскольку колеса расположены под 120°, то их начальные зубья должны совпадать с витками червяка, которые смещены на определенное расстояние вдоль оси червяка.

Шаг витка p\_z = 4π ≈ 12.566 мм. Окружное смещение между колесами s = 2π\*a\*(120/360) ≈ 38.25 мм. Соотношение между окружным смещением и осевым смещением дается углом подъема: tan(γ) = p\_z / (π\*d1)). Но d1 = q\*m = 9.5\*1 = 9.5 мм. Тогда tan(γ) = 4π / (π\*9.5) = 4 / 9.5 ≈ 0.421, что совпадает с предыдущими расчетами.

Тогда осевое смещение Δx = s / tan(γ) ≈ 38.25 / 0.421 ≈ 90.86 мм. Но длина червяка всего 17 мм, что меньше 90 мм. Это невозможно, значит, такой подход неверен.

Возможно, я неправильно понимаю геометрию расположения колес. Если три колеса расположены вокруг червяка на одной окружности, то их оси должны быть параллельны оси червяка, но тогда они не могут зацепляться с червяком, так как червяк требует, чтобы ось колеса была перпендикулярна оси червяка. Возможно, в задаче ошибка, или я неправильно интерпретирую расположение.

Скорее всего, три колеса расположены не вокруг червяка, а на одном валу, но это тоже не имеет смысла. Или червяк взаимодействует с тремя колесами, расположенными вдоль своей оси, но тогда они должны быть смещены вдоль оси, а не по кругу.

Возможно, в условии задачи имеется в виду, что три зубчатых колеса установлены на общей окружности вокруг червяка, и их оси радиально направлены к оси червяка. Тогда каждое колесо должно быть повернуто вокруг своей оси так, чтобы его зубья совпали с витками червяка, учитывая их угловое положение.

В таком случае, при повороте колеса вокруг своей оси на угол θ, его зубья будут перемещаться вдоль своей делительной окружности. Чтобы зацепиться с червяком, начальный зуб каждого колеса должен совпадать с соответствующим витком червяка. Поскольку колеса расположены под 120°, то смещение их позиций требует, чтобы их начальные зубья были смещены на соответствующий угол.

Угловая позиция каждого колеса вокруг червяка (120°) должна соответствовать углу поворота колеса вокруг своей оси. Поскольку за один полный оборот колесо поворачивается на 360°, а червяк при этом делает Z2/K = 27/4 оборотов. Но мы не вращаем червяк, а устанавливаем колеса в статическом положении.

Возможно, угол поворота колеса вокруг своей оси должен быть таким, чтобы начальный зуб колеса соответствовал витку червяка в его позиции. Поскольку витки червяка смещены на 120° вокруг его оси, то это смещение должно быть скомпенсировано поворотом колеса.

Если витки червяка имеют шаг p\_z = 4π мм, то угловое смещение на 120° соответствует линейному смещению вдоль окружности червяка s = (π\*d1)/3 ≈ (π\*9.5)/3 ≈ 9.948 мм. Это смещение вдоль окружности червяка соответствует осевому смещению Δx = s / tan(γ) ≈ 9.948 / 0.421 ≈ 23.63 мм. Но длина червяка 17 мм, что меньше, поэтому это невозможно.

Видимо, я где-то ошибаюсь. Может быть, нужно учитывать не окружность червяка, а окружность расположения колес.

Попробую рассмотреть делительную окружность колеса. Делительная окружность колеса d2 = 27 мм, длина окружности π\*d2 = 27π ≈ 84.823 мм. Шаг зубьев колеса p = π\*m = π мм. Число зубьев 27, значит, угловой шаг зубьев 360/27 ≈ 13.333 градуса.

Если три колеса расположены через 120°, то их начальные зубья должны быть смещены на 120° по окружности расположения. Но как это связано с углом поворота самого колеса?

Возможно, каждое колесо должно быть повернуто так, чтобы его начальный зуб находился в зацеплении с соответствующим витком червяка. Поскольку витки червяка образуют спираль, то смещение колеса на 120° вокруг червяка требует поворота колеса на угол, равный 120° умноженный на передаточное отношение между угловым положением вокруг червяка и углом поворота колеса.

Но передаточное отношение здесь не очевидно. Возможно, угол поворота колеса θ = (360° / Z2) \* n, где n - число зубьев, на которое нужно сместить колесо. Но как определить n?

Если смещение вокруг червяка на 120° соответствует смещению вдоль оси червяка на Δx, то это Δx должно соответствовать целому числу шагов витков червяка. Но длина червяка 17 мм, шаг витка p\_z = 4π ≈ 12.566 мм. Тогда вдоль червяка укладывается примерно 17 / 12.566 ≈ 1.353 витка. То есть чуть больше одного витка.

Если три колеса расположены вокруг червяка, каждое должно зацепляться с разными витками. Но длина червяка позволяет разместить только около 1.3 витка, поэтому три колера могут зацепляться с одним и тем же витком, но в разных позициях.

Возможно, угол поворота колеса определяется тем, на сколько нужно повернуть колесо, чтобы его зубья совпали с витком червяка в данной позиции. Поскольку витки червяка смещены на 120°, то для компенсации этого смещения колесо должно быть повернуто на угол, равный 120° / i, где i - передаточное отношение.

Передаточное отношение i = 27/4 = 6.75. Тогда угол поворота θ = 120° / 6.75 ≈ 17.777°, то есть примерно 17°46'40''.

Таким образом, каждое следующее колесо должно быть повернуто на 17°46'40'' относительно предыдущего. Тогда второе колесо повернуто на +17°46'40'', третье на +35°33'20'' относительно первого.

Однако, поскольку три колеса расположены через 120°, суммарный угол между первым и третьим колесом должен быть 240°, но поворот на 35.55° это мало. Возможно, нужно учитывать модуль и шаг зубьев.

Шаг угла поворота на колесе соответствует угловому шагу зубьев. Угловой шаг зубьев колеса 360°/27 ≈ 13.333°. То есть каждый зуб соответствует 13.333°.

Если угол поворота θ ≈17.777°, то это соответствует 17.777 / 13.333 ≈ 1.333 зубьям. То есть примерно на 1 и 1/3 зуба. Но зубья должны быть целыми, поэтому возможно, что точное значение требует более детального расчета.

Однако, возможно, точный угол поворота можно найти через соотношение между угловым смещением вокруг червяка и передаточным отношением.

Угол поворота колеса = (угловое смещение вокруг червяка) \* (K / Z2) = 120° \* (4 / 27) ≈ 17.777°.

Это подтверждает предыдущий расчет.

Таким образом, каждое следующее колесо должно быть повернуто на 17.777° относительно предыдущего. Так как у нас три колеса, то второе повернуто на +17.777°, третье на +35.555° относительно первого.

Переведем 0.777° в минуты и секунды:

0.777° \* 60 = 46.62 минуты

0.62 минуты \* 60 = 37.2 секунды

Таким образом, 17.777° ≈ 17°46'37''

Аналогично, 35.555° = 35° + 0.555\*60 = 35°33.3' = 35°33'18''

Но в условии задачи сказано "угол двух зубчатых колес относительно первого". То есть второе колесо повернуто на 17°46'37'', третье на 35°33'18''. Но возможно, требуется представить ответ в более точной форме, учитывая заданный угол подъема.

Однако, возможно, я упустил что-то. Давайте проверим еще раз.

Угол поворота колеса θ = (угол смещения вокруг червяка) \* (K / Z2) = 120° \* (4 / 27) = 480 / 27 = 160 / 9 ≈ 17.777... градусов.

Это точный расчет: 160/9 градусов = 17.777...°, что равно 17°46'40''.

Таким образом, каждое следующее колесо должно быть повернуто на 160/9 градусов относительно предыдущего.

Поскольку три колеса, то углы будут:

Первое колесо: 0°

Второе колесо: 160/9 ≈ 17.777°

Третье колесо: 320/9 ≈ 35.555°

Округлим до секунд:

17.7777778° = 17° + 0.7777778\*60' = 17°46.6666668' = 17°46' + 0.6666668\*60'' ≈ 17°46'40''

35.5555556° = 35° + 0.5555556\*60' = 35°33.333333' = 35°33' + 0.333333\*60'' ≈ 35°33'20''

Таким образом, ответ: второе колесо повернуто на 17°46'40'', третье на 35°33'20'' относительно первого.

Но в условии сказано "угол двух зубчатых колес относительно первого", то есть только два угла: для второго и третьего колеса. Но поскольку они расположены через 120°, и третий угол будет 240°, но расчет показывает, что третий угол 35.555°, что меньше 120°. Возможно, здесь требуется умножить на количество шагов.

Если для смещения на 120° вокруг червяка требуется поворот колеса на 160/9°, то для смещения на 240° потребуется поворот на 320/9°, как мы и получили.

Таким образом, ответ: второе колесо повернуто на 160/9 градусов (≈17°46'40''), третье на 320/9 градусов (≈35°33'20'') относительно первого.

Но проверим, можно ли это представить в виде формулы.

Угол поворота каждого последующего колеса = (360° / число\_колес) \* (K / Z2) = 120° \* (4 / 27) = 160/9°.

Это и есть наш результат.

Таким образом, окончательный ответ: второе колесо повернуто на 160/9 градусов, третье на 320/9 градусов относительно первого.

Но в инженерной практике обычно используют градусы, минуты, секунды, поэтому переведем 160/9°:

160 / 9 = 17.777...°

0.777...° \* 60 = 46.666...' = 46' 40''

Аналогично для 320/9°:

320 / 9 = 35.555...°

0.555...° \* 60 = 33.333...' = 33' 20''

Таким образом, ответ:

Второе колесо: 17°46'40''

Третье колесо: 35°33'20''

Но давайте проверим, может ли быть другой подход.

Например, учитывая, что шаг витка червяка p\_z = 4π мм, а окружное смещение между колесами s = 2π\*a\*(120/360) = 2π\*18.25/3 ≈ 38.25 мм. Тогда количество витков червяка, соответствующее этому смещению, равно s / p\_z = 38.25 / (4π) ≈ 3.043 витка. Это нецелое число, что может вызвать необходимость поворота колеса на соответствующий угол.

Но количество витков, умноженное на передаточное отношение, даст угол поворота колеса: 3.043 \* (360° / i) = 3.043 \* (360° / 6.75) ≈ 3.043 \* 53.333° ≈ 162.4°, что не совпадает с предыдущими результатами. Видимо, это неверный путь.

Поэтому наиболее обоснованным кажется расчет через передаточное отношение: θ = 120° \* (K/Z2) = 120 \* 4 /27 = 480/27 = 160/9 ≈17.777°.

Следовательно, правильный ответ: углы поворота второго и третьего колес относительно первого составляют 160/9 градусов и 320/9 градусов соответственно, что приблизительно равно 17°46'40'' и 35°33'20''.