# Практическая работа № 1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ОЧИСТНОЙ ВЫЕМКЕ

**Цель работы** – изучение методики определения параметров зон сдвижения и деформирования массива горных пород при очистной выемке.

### 1 Теоретическая часть

При подземной разработке рудных месторождений в массиве горных пород образуются пустоты, изменяющие его напряженное состояние. По достижению пустотами критических размеров нарушается устойчивость вмещающих пород, и они приходят в движение. Процесс сдвижения, развиваясь в толще горных пород, достигает земной поверхности и вызывает ее деформирование.

Сдвижения вмещающих пород и земной поверхности могут привести к появлению разрушительных деформаций в подрабатываемых горных выработках, зданиях, сооружениях и других объектах, а также проникновению воды в подземные выработки из подрабатываемых водных объектов.

При сдвижении горных пород вследствие подземных разработок на земной поверхности могут возникать провалы, воронки, терассы, трещины и плавные сдвижения. Взаимное расположение этих форм проявления процесса сдвижения показано на рис. 3.1.

В области сдвижения горных пород различают: *зону обрушения*, в пределах которой сдвижение произошло с разломом и разрушением слоев и отделением от массива отдельных кусков и глыб; *зону трещин* – область с нарушенной сплошностью пород и трещинами; *зону плавных сдвижений*, в которой наблюдается пластическая деформация пород без разрыва сплошности. Часть земной поверхности, подвергшаяся процессу сдвижения, называют ***мульдой сдвижения***. Вертикальные разрезы мульды сдвижения по простиранию и вкрест простирания залежи через точки с наибольшими величинами оседаний земной поверхности называют главными сечениями мульды сдвижения.

Основными факторами, влияющими на характер и параметры процесса сдвижения горных пород и земной поверхности, являются:

- формы и размеры рудных тел, их мощность, соотношение площади выработанного пространства и оставляемых целиков;

- углы падения рудных тел, вмещающих пород и их контактов;

- крепость горных пород, строение и структурные особенности горного массива;

- обводненность слабых вмещающих пород и наносов;

- системы разработки и способы управления горным давлением.

Границы различных зон сдвижения земной поверхности определяют, как правило, по результатам непосредственных инструментальных наблюдений. С этой целью на земной поверхности на площади вероятного влияния подземной разработки по профильным линиям располагают серию точек в виде грунтовых реперов вкрест простирания и по простиранию залежи.

Эта сеть реперов, называемая маркшейдерской наблюдательной станцией за сдвижением земной поверхности, сооружается до начала подземных горных работ по добыче руды.

Наблюдения на указанной станции осуществляют периодически по мере развития процесса сдвижения подработанного массива и земной поверхности. При этом вертикальные перемещения реперов определяют путем нивелирования, а горизонтальные – линейными измерениями перемещений реперов вдоль и поперек профильных линий.

Если измеренные (наблюдаемые) или ожидаемые деформации превышают величины, регламентируемые нормативными документами, то используют конструктивные меры защиты охраняемых зданий и сооружений. Они заключаются в усилении конструкций зданий и ссоружений для сопротивления возможным (или проявившимся видам и величинам деформаций.

Иногда целесообразно временно изменить характер эксплуатации сооружения или перенести его на другое место.

Наиболее надежной мерой охраны объектов является оставление предохранительных (охранных) целиков. Предохранительный целик – это участок рудной залежи, временно (реже – постоянно) оставляемый в недрах для предотвращения вредного воздействия подземной разработки на охраняемый объект.

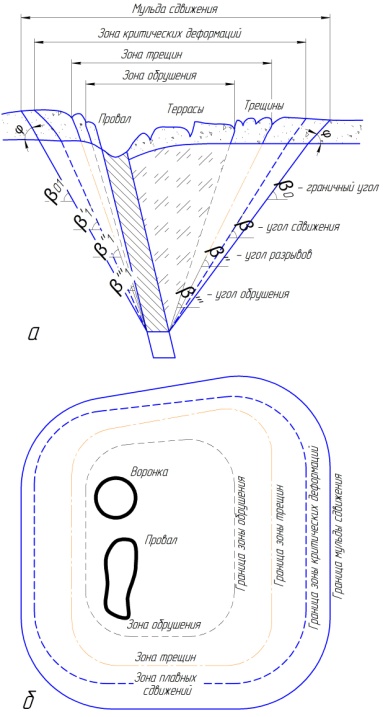


Рис. 1.1. Формы проявления процесса сдвижения: а – на разрезе вкрест простирания рудного тела; б – на плане земной поверхности

При разработке обособленных слепых рудных тел при соответствующих сочетаниях глубины залегания рудного тела, размеров и формы выработанного пространства, крепости горных пород и строении горного массива процесс сдвижения может не достигнуть земной поверхности или его проявления не будут опасными для подрабатываемых объектов.

Условие устойчивого состояния земной поверхности при отработке обособленных слепых рудных тел в покрывающих породах крепостью имеет вид:

, (3.1)

где – фактическая глубина верхней границы выработанного пространства, считая от границы выветрелых пород и рыхлых отложений, м; – коэффициент, учитывающий прочностные свойства горных пород, в зависимости от коэффициента крепости покрывающих пород (табл. 3.1); – эквивалентный пролет, вычисляемый по формуле:

, (3.2)

где – размер выработанного пространства залежи по простиранию, м; – размер горизонтальной проекции выработанного пространства залежи на разрезе вкрест простирания, м.

Значение коэффициента для различной крепости пород определяется по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Определение коэффициента

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 14 | 16 |
|  | 7,0 | 5,9 | 5,1 | 4,3 | 3,6 | 3,0 | 2,6 | 1,8 | 1,2 | 1,0 |

Проекция длины обнажения висячего бока рудного тела по падению на горизонтальную плоскость определяется графически на разрезе вкрест простирания или по формуле:

, (3.3)

Определение параметров , и в различных условиях залегания слепых рудных тел приведен на рис. 3.2.

При невыполнении условия (3.1) над выработанным пространством слепых залежей с углом падения образуется воронка обрушения, если удовлетворяется неравенство:

, (3.4)

где – объем коренных пород, определяемый по формуле:

, (3.5)

где – средняя глубина расположения выработанного пространства в коренных породах, м; – площадь выработанного пространства в плане, м2; – объем выработанного пространства, определяемый по маркшейдерским данным, м3; – число, являющееся критерием самообрушения земной поверхности.

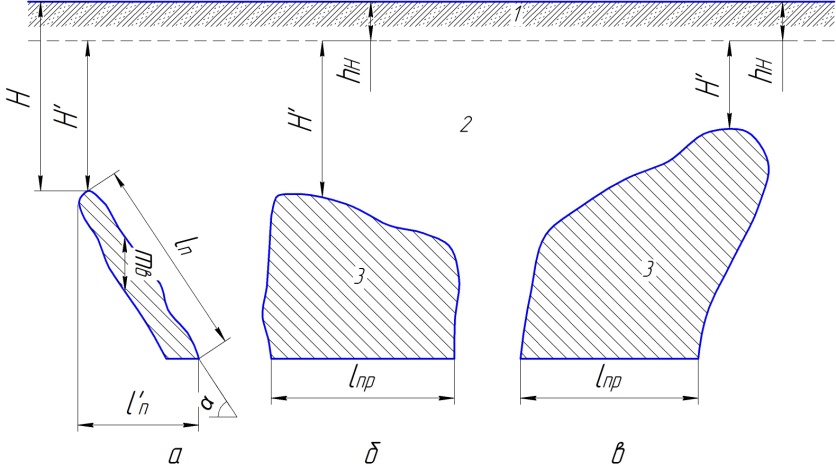


Рис. 3.2. Схема к определению параметров , и при отработке слепых рудных тел: а – разрез вкрест простирания рудного тела; б – проекция горных работ на вертикальную плоскость; в – проекция горных работ рудного тела, имеющего склонение на вертикальную плоскость; 1 – наносы; 2 – коренные породы; 3 – выработанное пространство

При выдержанной вынимаемой мощности и размерах выработанного пространства отношение объемов можно рассчитать по следующим формулам:

- изометрическая или близкая к ней форма выработанного пространства в плане (один из размеров обнажения в плане не превышает другой более чем в 1,5 раза)

или (3.6)

- размеры выработанного пространства в плане (или )

или (3.7)

Если не выполнено условие (3.1), возможно самообрушение земной поверхности над выработанным пространством слепых залежей с углом падения при:

(3.8)

где – коэффициент, определяемый в зависимости от строения и крепости пород .

Границы зоны внезапного образования воронок обрушения строят с помощью линий, проведенных со стороны висячего и лежачего боков и по простирании залежи под углами при крепости пород ; при и при . Точки пересечения указанных линий с земной поверхностью на разрезах вкрест простирания и вертикальной проекции переносят на план и соединяют их плавной кривой, которая является предельным контуром зоны возможного внезапного образования воронок обрушения и провалов на земной поверхности.

При выемке пологих и слабонаклонных залежей () зону возможного образования воронок обрушения и провалов на земной поверхности строят от нижней и верхней границ выработанного пространства (рис.3.3а, 33б).

В случае отработки слепых залежей с углом падения построение зоны возможного образования воронок обрушения и провалов на земной поверхности со стороны падения, восстания и по простиранию производят от контура выработанного пространства на глубине в коренных породах (рис. 3.3в, 3.3г):

где – коэффициент, определяемый в зависимости от строения пород, угла падения и значения по табл. 3.2; – площадь рудного тела на разрезе вкрест простирания, м2.

Таблица 3.2

Определение коэффициента

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Угол падения рудного тела , град. |  |  |  |
| 35 – 55 | 5 | 4,5 | 3,5 |
| 56 – 70 | 4,5 | 3,7 | 3 |
| 71 – 90 | 3 | 3,7 | 3 |

При глубине горных работ меньше рассчитанного значения построение границ зоны внезапного образования воронок обрушения и провалов со стороны паления и по простиранию производят от нижней границы выработанного пространства (рис. 3.3д, 3.3 е).

Границы области опасных сдвижений в толще пород при разработке слепых рудных залежей ограниченных размеров строят относительно границ выработанного пространства по линейным и угловым параметрам. К первым параметрам относятся углы и , используемые для определения границ области опасных сдвижений в висячем боку залежи соответственно от нижней и верхней границ выработанного пространства, угол , которым определяются границы этой области со стороны лежачего бока от нижней границы выработанного пространства, и угол , используемый для построения границ области опасных сдвижений по простиранию залежи.

К линейным параметрам относится высота области опасных сдвижений :

(3.9)

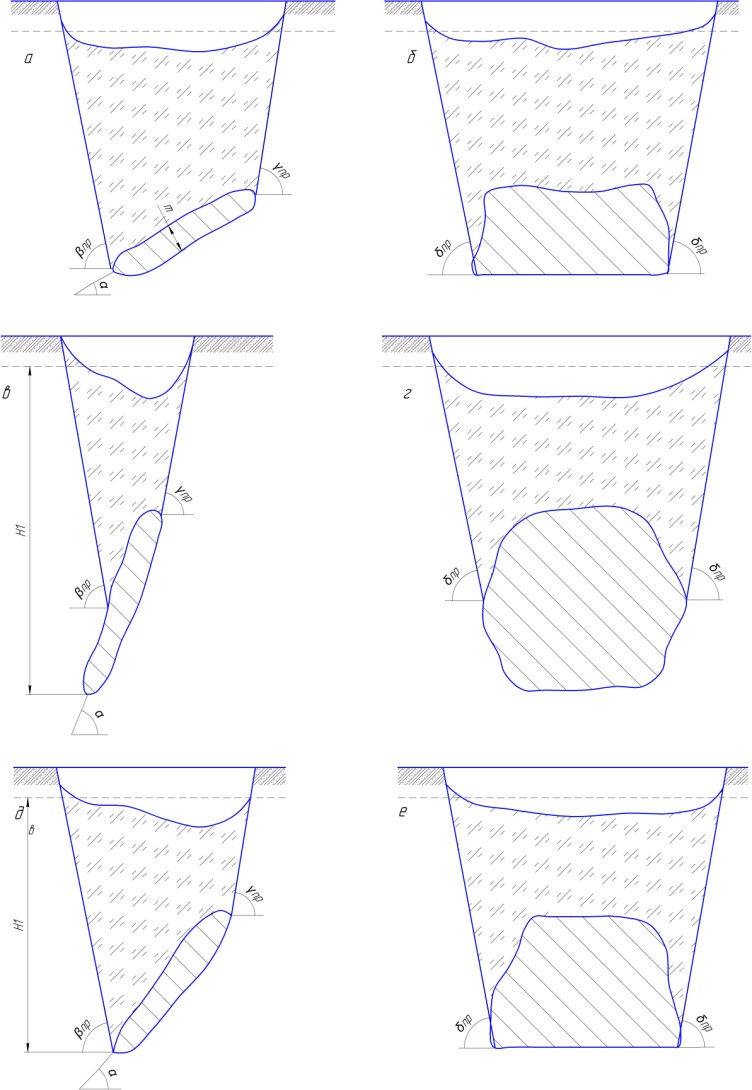


Рис. 3.3. Построение границ зоны возможного образования воронок и провалов при разработке слепых залежей

Построение границ области опасных сдвижений в подработанном массиве пород над залежами показана на рисунке 3.3. Для залежей с углом падения эта область оконтуривается на разрезах вкрест простирания по падению – линией, проведенной под углом от нижней границы выработанного пространства и линией, параллельной контактам пород с рудным телом и удаленной от кровли выработки по нормали на высоту ; по восстанию – двумя линиями, одна из которых проводится под углом от верхней границы выработанного пространства и другая горизонтально, на уровне от этой границы; по простиранию – линиями, проведенными под углом от нижней и верхней границ выработанного пространства до пересечения с соответствующими горизонтальными линиями, проведенными на уровне В и С (D). Построенные линии, пересекаясь, образуют многоугольник, в который вписывается криволинейный контур зоны опасных сдвижений.

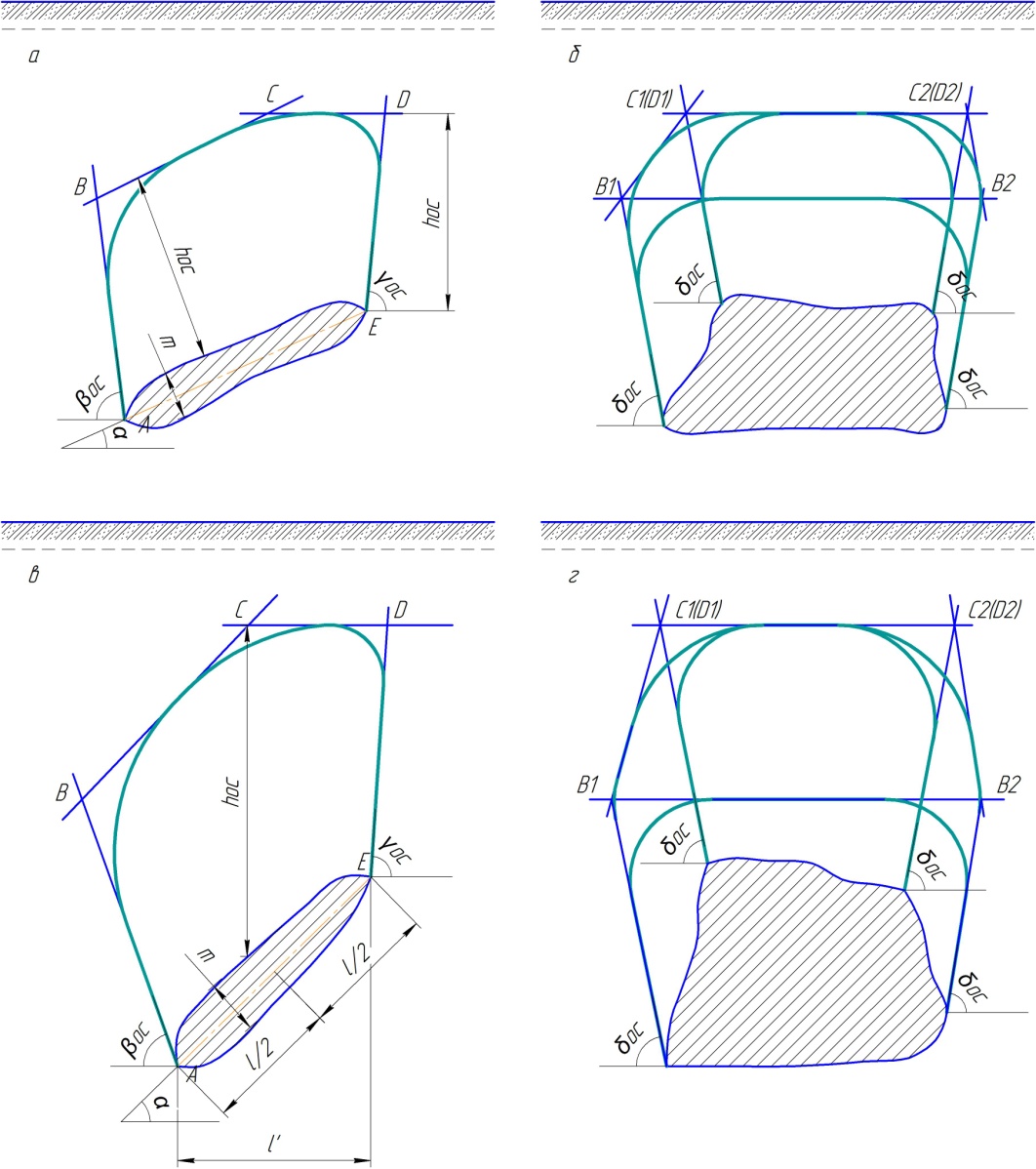


Рис. 3.3. Построение границ зоны опасных сдвижений в толще пород над выработанным пространством слепых залежей: а – разрез вкрест простирания и б – вертикальная проекция при угле падения ; в и г – соответсвенно то же для

При построении границ зоны опасных сдвижений для залежей с углом падения сначала получают на разрезах вкрест простирания точку С, которая расположена на вертикальной линии, проведенной через середину обнажения кровли, и удалена от нее на величину . Затем через точку С проводят две линии: одну – параллельно контактам пород с рудным телом до пересечения с линией, проведенной под углом от нижней границы выработанного пространства, и другую – горизонтально до пересечения с линией, проведенной под углом от верхней границы выработанного пространства. По простиранию зону опасных сдвижений оконтуривают так же, как и при .

### 2 Порядок выполнения работы

Задание:

Определить степень влияния подземной отработки слепой залежи на дневную поверхность и сделать необходимые построения на чертеже.

1. В соответствии с формулой (3.1) определяется устойчивость земной поверхности.

2. В зависимости от влияния подземных горных работ на дневную поверхность определяются границы области опасных сдвижений:

- границы зоны возможного образования воронок и провалов;

- границ зоны опасных сдвижений в толще пород над выработанным пространством.

3. Установить возможность дальнейшей эксплуатации вышерасположенных подготовительных выработок.

### 3 Пример выполнения работы

Подлежит отработке рудная залежь, над которой на уровне соответственно 50 и 100 м от ее верхнего контура расположены действующие подготовительные выработки. Размеры залежи: по простиранию м и по падению м. Мощность залежи 8 м, угол падения 40°. Глубина до верхнего контура залежи в коренных невыветрелых породах м. Вмещающие породы представлены сиенитами и скарнами с коэффициентом крепости и интенсивностью трещиноватости ˂ 2 м-1.

Требуется определить границы области опасных сдвижений и после этого установить возможность дальнейшей эксплуатации вышерасположенных подготовительных выработок.

1. В соответствии с формулой (3.1) земная поверхность сохранит устойчивое состояние, если:

2. На основе исходных данных определим значения и .

3. Согласно табл. 3.1 при крепости пород соответствует значение коэффициента .

4. Размер горизонтальной проекции , необходимый для определения параметра . составляет:

5. Расчетная величина глубины:

Так как , следовательно, земная поверхность сохранит устойчивое состояние, а область опасных сдвижений замкнется в подработанном массиве пород.

6. Вычисляем высоту области опасных сдвижений в толще пород:

7. Производим построения границы области опасных сдвижений в толще пород. Параметр м откладываем от середины обнажения кровли и получаем точку *С*, через которую проводим две линии: одну – параллельно контактам пород с залежью до пересечения с линией, проведенной под углом =64° от нижней границы выработанного пространства, и другую – горизонтально до пересечения с линией, проведенной под углом =80° от верхней границы выработанного пространства.

На вертикальной проекции линии строим от верхней и нижней границ выработки под углом =85° до пересечения с горизонтальными линиями, проведенными через точки *В* и *С* (*D*).

В построенный многоугольник вписывается криволинейный контур области опасных сдвижений.

8. Вывод: из построений следует что выработка, расположенная на расстоянии 50 м от верхней границы залежи, попадает в область опасных сдвижений и тем самым при выемке залежи создаются опасные условия для эксплуатации этой выработки на участке, показанном на вертикальной проекции штриховкой. В то же время вторая (верхняя) выработка окажется вне области опасных сдвижений и останется в рабочем состоянии.

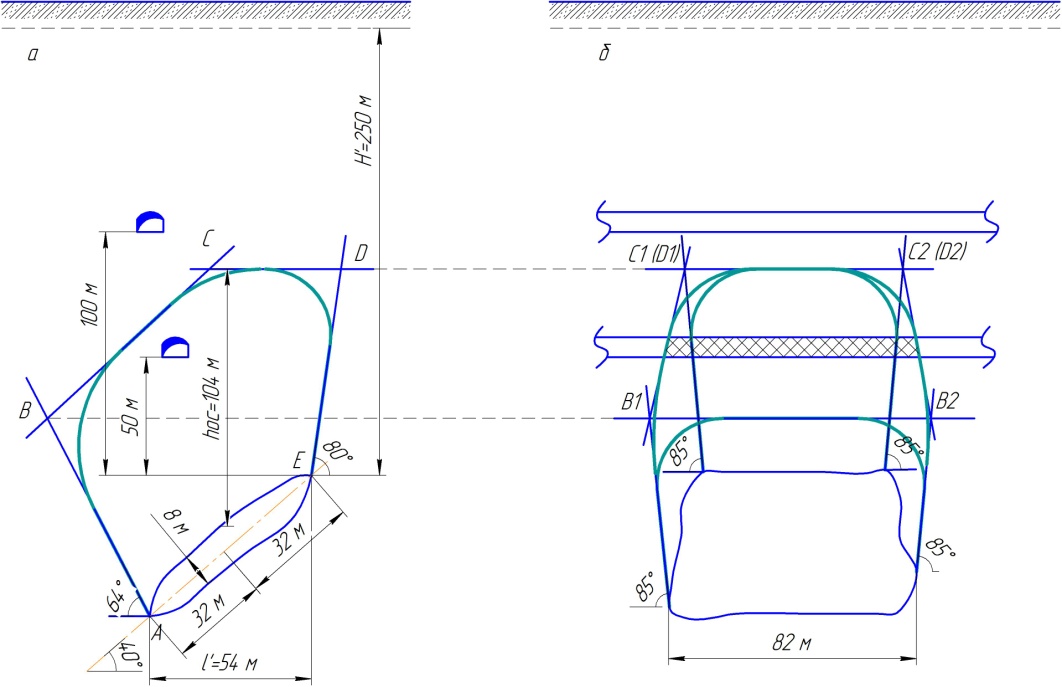


Рис. 3.5. Построение границ зоны опасных сдвижений в толще пород: а – разрез вкрест простирания; б – вертикальная проекция

### 4 Варианты заданий

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Глубина разработки, м | Размер по простиранию, м | Размер по падению, м | Мощность рудного тела, м | Коэффициент крепости |
| 1 | 200 | 60 | 40 | 8 | 7 |
| 2 | 220 | 65 | 45 | 10 | 9 |
| 3 | 240 | 70 | 50 | 12 | 12 |
| 4 | 260 | 75 | 55 | 14 | 7 |
| 5 | 280 | 80 | 60 | 16 | 9 |
| 6 | 300 | 90 | 70 | 20 | 12 |
| 7 | 320 | 60 | 40 | 8 | 7 |
| 8 | 340 | 65 | 45 | 10 | 9 |
| 9 | 360 | 70 | 50 | 12 | 12 |
| 10 | 380 | 75 | 55 | 14 | 7 |
| 11 | 400 | 80 | 60 | 16 | 9 |
| 12 | 420 | 90 | 70 | 20 | 12 |
| 13 | 440 | 60 | 40 | 8 | 7 |
| 14 | 460 | 65 | 45 | 10 | 9 |
| 15 | 480 | 70 | 50 | 12 | 12 |
| 16 | 500 | 75 | 55 | 14 | 7 |
| 17 | 520 | 80 | 60 | 16 | 9 |
| 18 | 540 | 90 | 70 | 20 | 12 |
| 19 | 560 | 60 | 40 | 8 | 7 |
| 20 | 580 | 65 | 45 | 10 | 9 |
| 21 | 600 | 70 | 50 | 12 | 12 |
| 22 | 620 | 75 | 55 | 14 | 7 |
| 23 | 640 | 80 | 60 | 16 | 9 |
| 24 | 660 | 90 | 70 | 20 | 12 |
| 25 | 680 | 60 | 40 | 8 | 7 |