

# Оптимизация режима бурения

Надиралиев К.  
РНМ-15-01

№ 90  
JA738

# Введение

Стремление оптимизировать процесс бурения, то есть подобрать такой режим, при котором бы обеспечивались наилучшие технико-экономические показатели (при данных условиях бурения), привело к попыткам создания моделей этого процесса, базирующихся на теоретических расчетах и эмпирических закономерностях, характеризующих работоспособность долот и эффективность разрушения горных пород.

# Режим бурения

Комплекс влияющих на бурение факторов: осевая нагрузка, частота вращения долота, расход и параметры бурового раствора (плотность, вязкость), тип долота, геологические условия, механические свойства горных пород. Определенное сочетание их, при котором осуществляется механическое бурение скважины, и называется режимом бурения.

Каждый параметр режима бурения влияет на эффективность разрушения горных пород, причем влияние одного параметра зависит от уровня другого.

# Основные параметры режима бурения

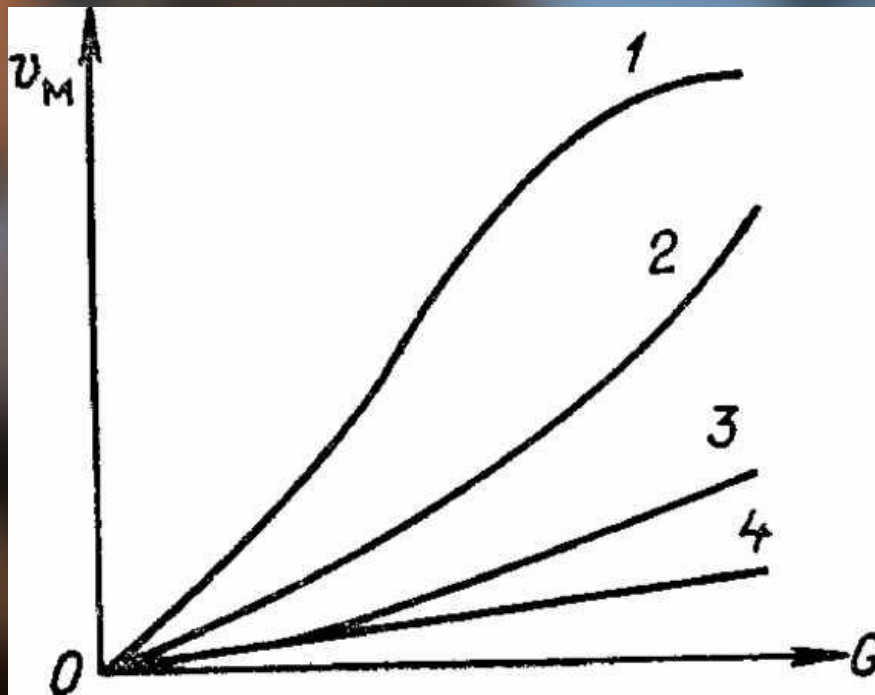
- Осевая нагрузка;
- Проходка на долото;
- Долговечность опор;
- Скорость износа;
- Частота вращения долота;
- Параметры бурового раствора.



# Осевая нагрузка

Разрушение горной породы на забое механическим способом невозможно без создания осевой нагрузки на долото. Чем выше осевая нагрузка - тем выше и механическая скорость бурения, причём темп её роста для мягких пород более быстрый, т.к. здесь больше глубина погружения зубьев в породу.

# Скорость бурения как функция от осевой нагрузки



Зависимость скорости бурения ( $V_m$ ) от осевой нагрузки ( $G$ ) для различных пород: 1-мягкие; 2-средней твердости; 3-твердые, 4-крепкие породы.

# Проходка на долото

Проходка на долото зависит от скорости разрушения породы и длительности работы его на забое, т. е. от долговечности. Механическая скорость проходки при увеличении осевой нагрузки и неизменной скорости вращения долота растёт быстрее, чем при увеличении скорости вращения и постоянной осевой нагрузке. Мощность на долоте линейно зависит от скорости вращения и осевой нагрузки. Отсюда следует, что форсировать режим бурения шарошечными долотами выгоднее путём повышения осевой нагрузки на долото и снижения скорости

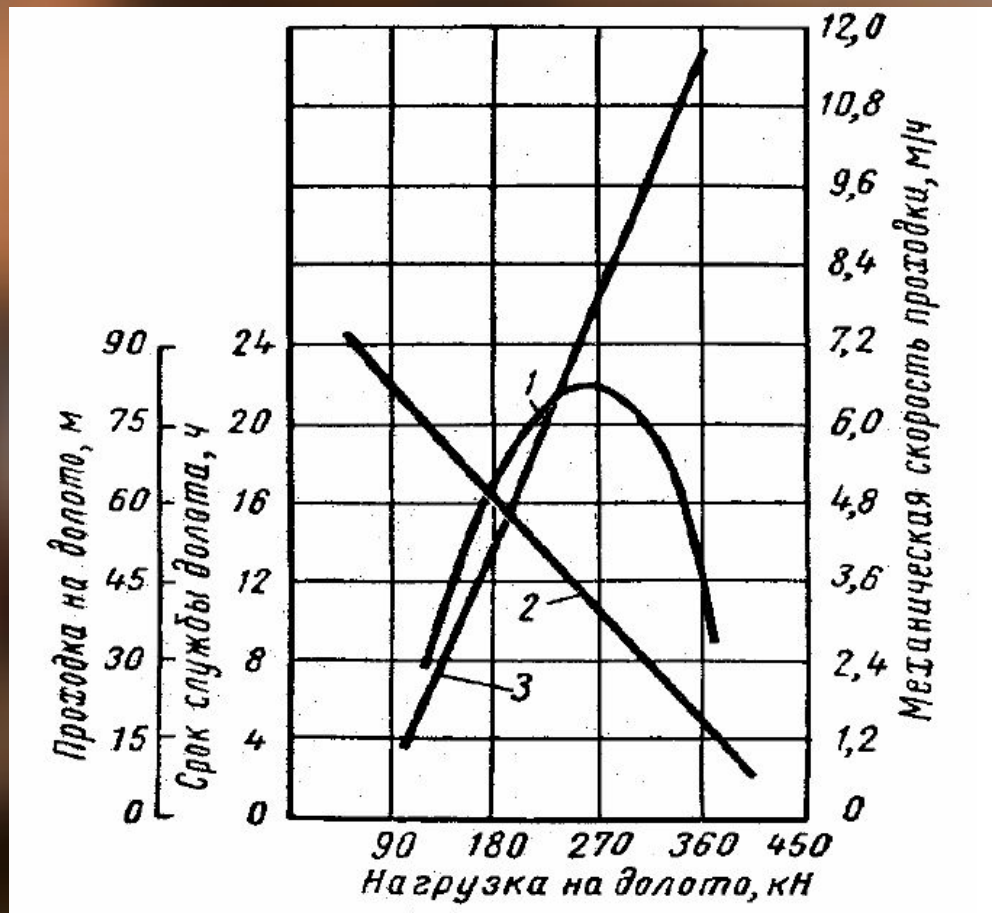
# Долговечность опор и скорость износа

Основными причинами выхода из строя опор являются появление большого люфта в подшипниках из-за истирания тел качения и беговых дорожек и усталостное разрушение их под воздействием больших переменных контактных напряжений. С ростом осевой нагрузки уменьшается срок службы опор при неизменной скорости вращения долота.

Под скоростью износа понимают объём изношенного металла вооружения долота в единицу времени. Наиболее интенсивно зубья изнашиваются в начале работы долота, пока площадь контакта их с породой мала, а контактное давление велико. По мере их износа и увеличения площади контакта уменьшаются контактное давление и скорость износа.

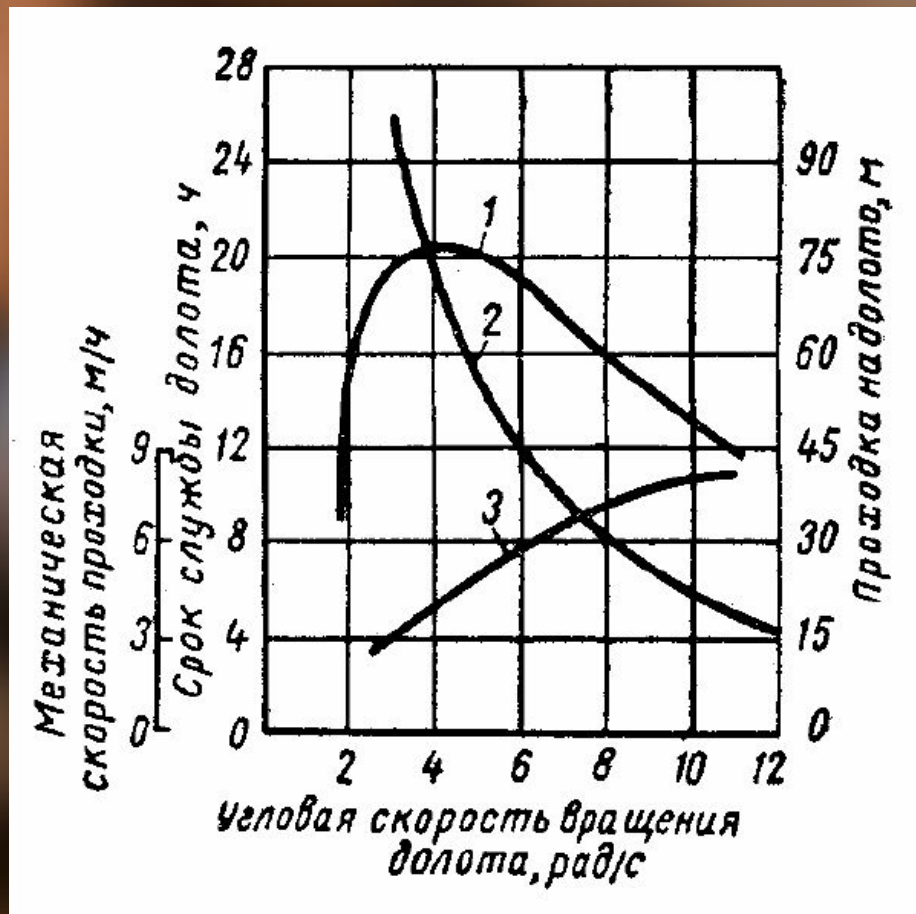


# График зависимости



Зависимость проходки рейс (1), долговечности долота (2) и механической скорости проходки (3) от осевой нагрузки при постоянной скорости

# График зависимости



Зависимость механической скорости проходки (3), долговечности долота (2) и проходки за рейс (1) от скорости вращения при постоянной нагрузке

# Частота вращения долота

С изменением частоты вращения долота меняется число поражений забоя зубьями шарошечного долота. Критическая частота вращения находится в пределах 100-200 об/мин, при дальнейшем повышении частоты вращения темп роста механической скорости бурения уже снижается.

При определенных частотах вращения возможно совпадение (резонанс) частот собственных и вынужденных колебаний низа бурильной колонны, что приводит к повышению эффективности разрушения, увеличению механической скорости.

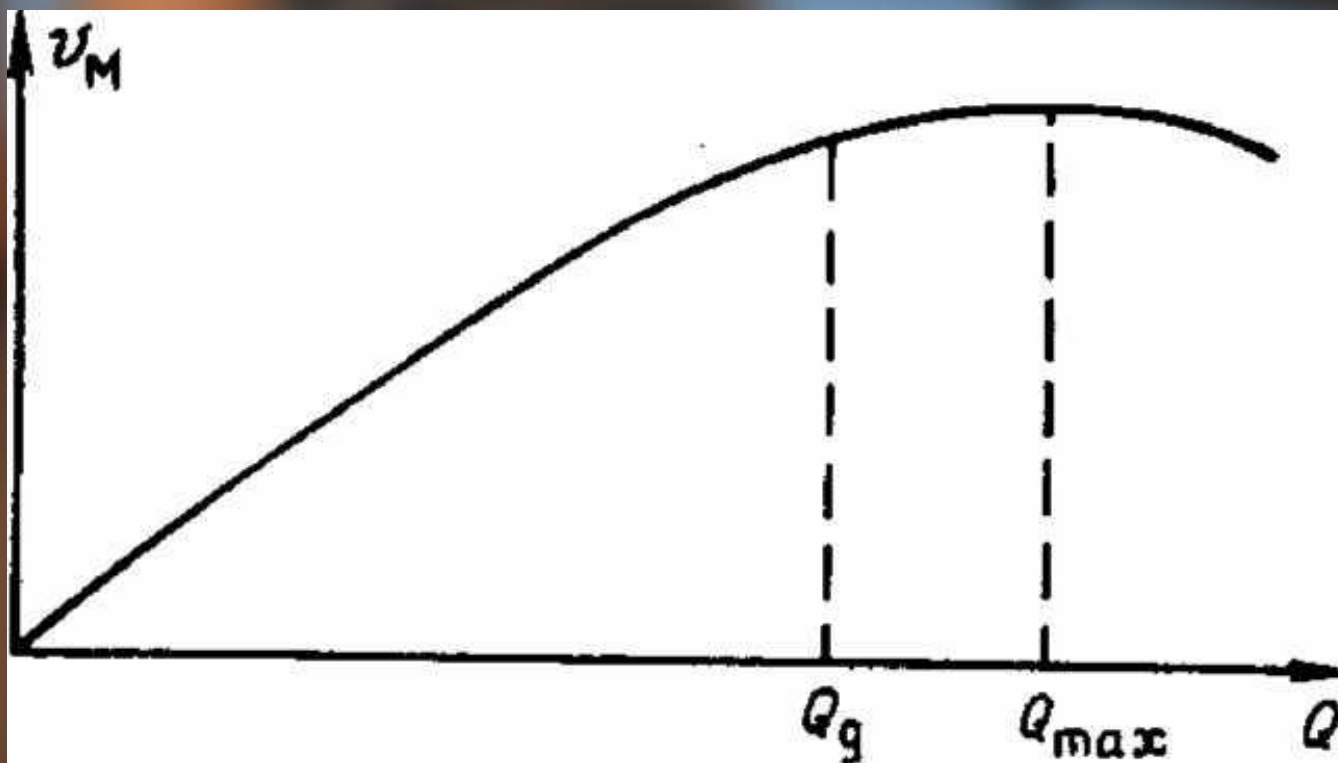


# Параметры бурового раствора

Непрерывная циркуляция бурового раствора при бурении должна обеспечивать чистоту ствола скважины и забоя, охлаждение долота, способствовать эффективному разрушению породы, предупреждать осложнения. Пока обеспечивается своевременное и полное удаление шлама, механическая скорость проходки повышается с увеличением расхода раствора почти линейно, до некоторой величины, затем - несколько снижается.



# График зависимости



Зависимость скорости бурения ( $V_m$ ) от расхода промывочного раствора ( $Q$ )

# Плотность бурового раствора

На механическую скорость бурения существенно влияет плотность бурового раствора. При повышении плотности от  $\rho=1$  до  $1,3 < \rho < 2,4$  механическая скорость при прочих равных условиях снижается от 10 до 100%. Наибольшая механическая скорость получается при продувке скважины воздухом, несколько ниже - при промывке аэрированной жидкостью.

Влияние плотности раствора на механическую скорость бурения объясняется повышением гидростатического давления на забой и ростом перепада давления между скважиной и разбуриваемым пластом, в результате чего ухудшаются условия образования трещин, т.к.

# Вязкость бурового раствора

Растворы с вязкоупругими свойствами относительно лучше выносят шлам с забоя при небольших расходах и низких частотах вращения. Поверхностно-активные свойства фильтрата, добавки ПАВ в растворе облегчают развитие трещин, препятствуют их смыканию, и из-за этого ускоряется проходка. Смазывающие добавки уменьшают потери на трение и дают возможность обрабатывать долота при повышенных осевых нагрузках. При увеличении концентрации твердых частиц снижается скорость бурения.



# Суммарное влияние параметров

Увеличение осевой нагрузки и частоты вращения, повышение плотности, вязкости и концентрации твёрдых частиц, снижение расхода раствора, а также теплоёмкости, теплопроводности и смазывающих свойств буровых растворов, неравномерная подача долота, продольные и поперечные колебания низа бурильной колонны, высокая температура на забое — всё это сокращает долговечность и время пребывания долота на забое. Однако конечная цель — не увеличение продолжительности пребывания долота на забое, а получение большей проходки на долото за возможно более короткое время. Поэтому, если изменение какого-то параметра приводит к сокращению продолжительности работы долота на забое, но одновременно увеличивается механическая скорость и повышается проходка на долото — то это изменение целесообразно.



# Оптимизация режима бурения

Для повышения технико-экономических показателей строительства скважины необходимо в первую очередь сократить время, затраченное на бурения, так как это самый дорогостоящий процесс в общем цикле работ, связанных с разведкой, добычей, транспортом и переработкой нефти и газа. При выборе оптимального режима бурения и оценке технико-экономических показателей было предложено несколько критериев: максимум механической скорости проходки, максимум рейсовой скорости, максимум проходки за рейс, максимум коммерческой скорости и минимум стоимости метра проходки. Накопленный теоретический и практический опыт оптимизации привел к выводу, что наиболее универсальны и эффективны только два критерия из перечисленных, к которым относятся: максимум рейсовой скорости проходки и минимум эксплуатационных затрат на 1 метр проходки. Наибольшее распространение в российской практике получил первый критерий оптимизации.