

КАВИТАЦИЯ В НАСОСАХ И ПУТИ ЕЁ УСТРАНЕНИЯ

Шейбак А.В.

научный руководитель к.т.н., доцент Каверзина А.С.

Сибирский федеральный университет

Исключить или значительно уменьшить кавитацию в насосах можно следующими конструктивными мероприятиями:

1. Размещение гидробака выше всасывающей камеры насоса.

Как известно из опыта эксплуатации гидрофицированных самоходных машин, объемные насосы на самовсасывании работают крайне неудовлетворительно или не работают вообще, особенно в период пуска машины при низких температурах, когда в десятки и сотни раз повышается вязкость жидкости. Поэтому на всех современных гидрофицированных машинах различного технологического назначения гидробак устанавливается выше насоса так, что свободная поверхность жидкости в гидробаке не менее чем на 0,5 м выше всасывающей камеры насоса. Гидравлическое сопротивление всасывающего трубопровода не позволяет обеспечить полное заполнение рабочих камер насоса, поэтому размещение гидробака выше всасывающей камеры позволяет создать перед насосом давление выше атмосферного на величину $h \cdot g \cdot \rho$, где h – высота всасывания; g – ускорение свободного падения; ρ – плотность жидкости.

Однако следует помнить, что размещать гидробак на величину выше 0,5 м над всасывающей камерой нецелесообразно, так как после распределителя на эту же высоту приходится поднимать поток жидкости, что увеличивает давление в сливной гидролинии, снижает полезное усилие на гидродвигателях и ведет к перерасходу топлива двигателя внутреннего сгорания. В конечном итоге снижается общий КПД гидропривода.

2. Увеличение диаметра всасывающего трубопровода.

Позволяет несколько повысить всасывающую способность за счет снижения его гидравлического сопротивления. Расчеты и опыт эксплуатации показывают, что кардинально повысить всасывающую способность насосов за счет увеличения диаметра трубы не удастся, тем более существует предел этого увеличения по конструктивным соображениям. Максимальный диаметр всасывающего трубопровода можно получить расчетом, приняв скорость потока жидкости в трубе, равную 0,8 м/с.

3. Уменьшение длины всасывающего трубопровода.

Также позволяет повысить всасывающую способность насосов за счет снижения путевых потерь гидролинии. Протяженность всасывающего трубопровода зависит от места и способа крепления насоса к двигателю внутреннего сгорания и месторасположения гидробака. При проектировании гидропривода следует на стадии компоновки гидрооборудования учитывать требования к минимальной длине трубопровода. По соображениям повышения всасывающей способности насосов в гидроприводе станков последние размещают непосредственно в гидробаке. Применительно к самоходным гидрофицированным машинам такое конструктивное решение выполнить невозможно. На лесозаготовительных машинах протяженность всасывающего трубопровода достигает от 2,5 м (лесоукладчики) до 3,5 м (валочнопакетирующие машины).

4. Снижение местных сопротивлений.

Также способствует повышению всасывающей способности насосов, причем существенно больше, чем уменьшение длины трубопровода. Это подтверждается данными наших экспериментальных исследований. Во всасывающей гидролинии не должно быть обратных клапанов, фильтров, изгибов под прямым углом, ответвлений и других местных сопротивлений.

5. Увеличение площади и изменение формы всасывающего отверстия.

Позволяет существенно повысить всасывающую способность насосов. Обычно на современных машинах всасывающий патрубок имеет срез под прямым углом. Это упрощает технологию и стоимость изготовления. Однако прямой срез не исключает вихревых явлений жидкости при входе ее во всасывающее отверстие, что создает дополнительное гидравлическое сопротивление и, как следствие, способствует развитию кавитации при более высоком давлении во всасывающей камере, снижает объемный КПД и подачу насосов.

Увеличить площадь всасывающего отверстия при одинаковом диаметре можно за счет применения скошенного под углом 30–45° патрубка. Такое простое конструктивное решение позволяет в 1,4–1,6 раза увеличить площадь всасывающего отверстия, существенно снижает вихревые явления и все отрицательные последствия, с ними связанные.

Однако кардинально повысить всасывающую способность насоса можно за счет применения патрубка коноидальной формы. Такие патрубки позволяют использовать кинетическую энергию потока жидкости, создавать во всасывающей камере насоса избыточное давление и повышать всасывающую способность насоса.

6. Применение гидробаков с давлением выше атмосферного.

Значительно увеличивает всасывающую способность насосов. Для создания избыточного давления в гидробаке чаще всего используют компрессор. Однако это требует введения дополнительного привода от вала отбора мощности к компрессору и создания автономной системы управления. Видимо, это слишком высокая цена для повышения всасывающей способности насосов, поэтому такой способ применяется пока только на одной серийной машине -экскаваторе ЭО-4332А и его модификациях. Такой же эффект можно получить, применив эластичную мембрану или подпружиненный поршень, которые позволяют компенсировать изменение объема жидкости в баке, возникающего при колебании температуры и за счет разницы объема поршневой и штоковой полостей гидроцилиндров. При этом могут возникнуть лишь затруднения с удалением из гидробака выделившейся из жидкости газовой фазы. Более простое конструктивное решение – использование эластичной герметичной полости в верхней части гидробака, которая может создавать за счет изменения объема жидкости избыточное давление.

7. Применение эжекции во всасывающем трубопроводе.

Дает возможность повысить всасывающую способность насоса за счет использования кинетической энергии струи жидкости. Направление всего потока жидкости или его части позволяет создать избыточное давление во всасывающей камере насоса. На рис. 1 представлена упрощенная схема использования эжекции для повышения всасывающей способности насоса. Перед фильтром за счет его гидравлического сопротивления давление жидкости составляет не менее 0,35 МПа, а при понижении температуры (повышении вязкости) и засорении фильтроэлемента оно значительно увеличивается. Это давление можно использовать для направления части потока непосредственно во всасывающую линию насоса. Таким образом, такое простое конструктивное решение позволяет практически полностью избежать кавитационного режима работы насоса.

8. Оптимизация вязкости рабочей жидкости.

Кардинально решает проблемы работоспособности и эффективности гидравлического привода, в том числе повышает и всасывающую способность насосов. Чем меньше вязкость рабочей жидкости, тем меньше гидравлические сопротивления (местные и линейные) и потери давления во всасывающем трубопроводе. Экспериментально установлено, что вязкость жидкости должна находиться в пределах $(10-65) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ для гидроприводов с аксиально-поршневыми насосами и $(50-2500) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ для гидроприводов с шестеренными насосами. Для поддержания вязкости в указанном оптимальном диапазоне гидропривод самоходных машин, эксплуатируемых на открытом воздухе, должен иметь специальные теплообменные устройства.

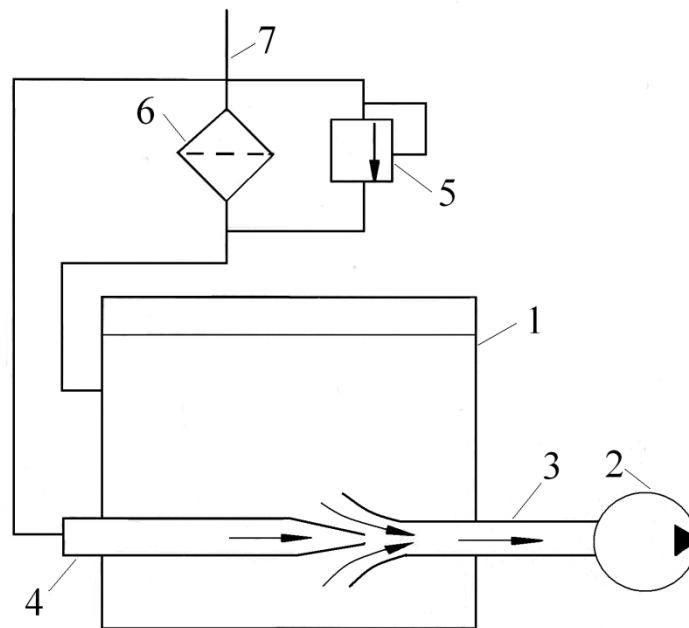


Рис. 1. Применение эжекции во всасывающем трубопроводе

9. Уменьшение шероховатости внутренней поверхности всасывающего трубопровода.

Также позволяет несколько повысить всасывающую способность насосов, особенно при низких температурах, когда шероховатость оказывает большее влияние на коэффициент трения λ вязкой жидкости. Изготовление всасывающих трубопроводов из пластмасс практически решает эту проблему.

10. Дегазация рабочей жидкости.

Почти полностью исключает кавитационный режим работы насосов и существенно повышает их всасывающую способность, особенно при оптимальных температурах рабочей жидкости. Однако до настоящего времени дегазация рабочих жидкостей в гидроприводе самоходных машин не применяется. Это объясняется отсутствием достаточно простых устройств дегазации, способных надежно работать в различных климатических условиях.

Следует отметить, что все рассмотренные способы повышения всасывающей способности насосов не исключают друг друга, а органично сочетаются между собой.

Кардинально повысить всасывающую способность и уменьшить кавитацию можно, используя все эти способы одновременно.