

Вращательные движения лодки

Существуют три главные оси вращения каждого судна, называемые продольная ось X, поперечная Y и вертикальная Z (Рис. 1). Вращательные движения вокруг этих осей называются крен (roll), килевая качка - питч (pitch) и рысканье (yaw):

- Крен – вращение лодки вокруг продольной оси X,
- Питч – вращение лодки вокруг поперечной оси Y,
- Рысканье – вращение лодки вокруг вертикальной оси Z.

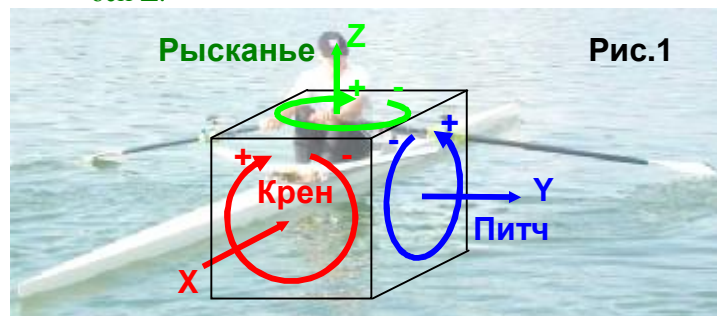


Рис.1

Измерительная система BioRowTel (1) оборудована 3D гироскопом, что позволяет измерять угловые скорости вращения лодки вокруг всех этих трех осей. Были приняты следующие соглашения:

- Положительный крен – порт-борт (правая уключина) вверх;
- Положительный питч – нос лодки вверх, корма вниз;
- Положительное рысканье – нос лодки поворачивает на стар-борт (на левую уключину).

Рис. 2 показывает угловые скорости корпуса одиночки при темпе гребли 35 гр/мин:

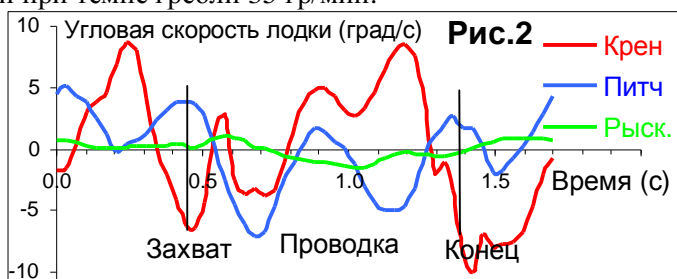


Рис.2

Угловые скорости трудно интерпретировать и придать им значение для тренера и гребца. Поэтому, они были проинтегрированы в углы крена, питча и рысканья. Затем, к каждому из них были добавлены смещения так, чтобы сделать среднее за цикл равным нулю (Рис.3).

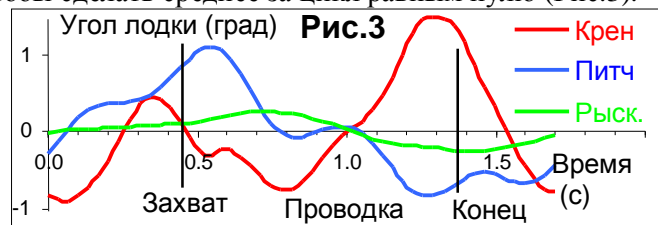


Рис.3

Хотя эти углы не привязаны жестко к системе координат Земля/вода, они полезны для оценки относительных вращательных движений лодки и могут быть интерпретированы следующим образом.

Крен довольно близок к нулю в захвате, когда лодка сбалансирована. Затем, он становится отрицательным около -1° (правая уключина опускается), что есть следствие разведения рукояток на проводке (НБГ 2011/07). В конце проводки лодка кренится на другую сторону более

чем на $+1^\circ$ (левая уключина опускается), поскольку гребец тянет рукоятки на одинаковой высоте, а высота уключин различна. На подготовке этот цикл крена повторяется.

Питч лодки достигает своего наибольшего положительного значения $+1^\circ$ (корма опускается) сразу после захвата, что связано с переносом веса гребца с банки на подножку (НБГ 2011/03). В середине проводки питч приближается к нулю (лодка в балансе). В конце проводки питч становится отрицательным (нос опускается), что объясняется увеличением давления на банку вниз и тягой вверх за подножку (НБГ 2006/10).

Рысканье лодки близко к нулю в конце подготовки и становится положительным около $+0,3^\circ$ после захвата, что объясняется асимметрией приложения усилий у этого парника: правая рука тянет сильнее для разведения рукояток в середине проводки (НБГ 2011/07). Затем, лодка «рыскает» на другую сторону, поскольку левая рукоятка догоняет правую, и этот угол достигает своего минимального значения около $-0,3^\circ$ в конце проводки. На подготовке угол рысканья снижается к нулю, что объясняется стабилизирующим действием килля лодки.

Следующая таблица отражает статистику наших измерений амплитуды (различие между максимальным и минимальным углами) крена, питча и рысканья.

Тип Лодки	n	Крен (град)	±SD	Питч (град)	±SD	Рыск. (deg)	±SD
1x	492	2.70	1.45	1.39	0.27	0.65	0.26
2-	185	1.42	0.81	1.29	0.16	0.58	0.16
2x	317	1.42	1.03	1.24	0.16	0.42	0.21
4-	137	0.53	0.64	1.01	0.15	0.45	0.15
4x	60	0.54	0.60	0.88	0.08	0.11	0.03
8+	35	0.14	0.08	0.81	0.43	0.05	0.01

Амплитуда крена – наивысшая у одиночек и значительно уменьшается в крупных лодках, почти до нуля в восьмерках, которые являются наиболее устойчивыми лодками. Интересно, что нет значительных различий крена в парных и распашных лодках.

Удивительно, что различия в амплитуде питча относительно малы: в восьмерках он всего на 40% меньше, чем в одиночках. Килевая качка лодки значительно возрастает с темпом гребли ($r = 0.86$), что объясняется увеличением сил инерции.

Амплитуда рысканья, также, обратно пропорциональна размеру лодки и снижается почти до нуля в восьмерках. В распашных двойках и четверках рысканье несколько больше, чем в парных лодках того же размера, что объясняется асимметрией приложения сил (НБГ 2008/01, 2009/11).

Все вращательные движения лодки должны быть минимизированы: килевая качка и рысканье увеличивают сопротивление, а крен снижает приложение мощности и может привести к травмам гребцов.

Ссылки:

1. Телеметрическая система BioRowTel http://www.biorow.com/PS_tel.htm

* ©2011 Валерий Клешинев, www.biorow.com