

**Вопрос №74. Водяные вихри.**

Опорожняя ванну, мы замечаем  
близ выпускного отверстия водяной вихрь.

В какую сторону он вращается:  
по часовой стрелке или против неё?  
Почему?

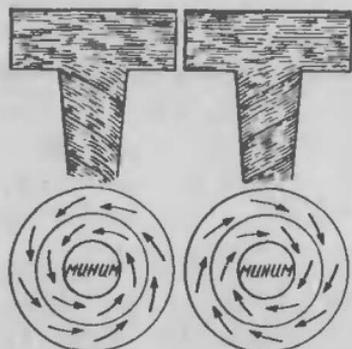
**74.** Поставленный в задаче вопрос привлёк несколько лет назад внимание нашего известного математика академика Д. Граве.

«Если,— писал он,— выпускать из резервуара воду при помощи отверстия на дне его, то образуется (над отверстием) воронкообразный вихрь, который в северном полушарии вращается в сторону, обратную движению часовой стрелки; в южном же полушарии вращение идет в другую сторону. Каждый читатель сам может проверить справедливость сказанного, выпуская воду из ванны. Чтобы лучше заметить направление вращения вихревой воронки, можно бросить на нее маленькие обрывки бумаги. Получается эффектный опыт, доказывающий вращение Земли, произведенный самыми простыми средствами в домашней обстановке\*).

Отсюда ученый делает и практические выводы: «Из сказанного можно сделать важные выводы относительно водяных турбин. Если горизонтальная водяная турбина вращается в сторону, обратную движению часовой стрелки, то вращение Земли поможет действию турбины. Обратное, если турбина вращается в сторону движения часовой стрелки, то влияние вращения Земли будет тормозить ее работу». «Поэтому,— заключает акад. Д. Граве,— при заказах новых турбин следует держаться требования наклона лопаток турбины в такую сторону, чтобы вращение турбины происходило в желательном направлении».

---

\* ) В журнале «Хочу все знать».— 1931, № 4 (статья «Вращение Земли, вихри и работа турбин»).



Северная полушария Южная полушария

Рис. 78. «Схема вихревых движений: вверху — при вытекании воды из ванны, внизу — воздуха в циклоне.» Рисунок и подпись — из статьи акад. Д. Граве (в. 74).

водяной воронкой у отверстия ванны легко могут быть проверены и, как оказывается, вовсе не подтверждаются: водяной вихрь закручивается в одних случаях против часовой стрелки, в других — по стрелке. Не только нет постоянства направления, но не заметно и какой-либо преобладающей тенденции, особенно если наблюдения производятся не в одном и том же резервуаре, а в различных\*).

Расчет дает результат, согласный с наблюдениями. Он показывает, что величина появляющегося при этом так называемого поворотного (кориолисова) ускорения чрезвычайно мала. Вычисление выполняется по формуле

$$a = 2\omega v \sin \varphi,$$

где  $a$  — поворотное ускорение,  $v$  — скорость движущегося тела,  $\omega$  — угловая скорость вращения Земли,  $\varphi$  —

\*) Желая удостовериться в этом, я года два назад организовал с читателями одного из наших научно-популярных журналов коллективную проверку утверждения акад. Д. Граве. Каждый из участников этой работы должен был проследить десяток раз, в каком направлении вращается воронка, образующаяся при вытекании воды из ванны, умывальника и подобных резервуаров, и прислать мне сообщение, сколько раз из десяти случаев наблюдалось вращение против часовой стрелки. Хотя в анкете участвовало сравнительно небольшое число читателей, все же, сопоставляя полученный материал, можно было заключить, что преобладания вращения в сторону против часовой стрелки замечено не было.

широта места<sup>\*)</sup>. На широте, например, Ленинграда при скорости водяных струй 1 м/с имеем:  $v=1$  м/с;

$$\omega = \frac{2}{86400 \text{ с}}; \sin \varphi = \sin 60^\circ = 0,87;$$

$$a = \frac{2 \cdot 2\pi \cdot 0,87}{86400} \approx 0,0001 \text{ м/с}^2.$$

Так как ускорение земной тяжести равно  $9,8 \text{ м/с}^2$ , то поворотное ускорение составляет стотысячную долю ускорения тяжести. Другими словами, возникающее усилие составляет стотысячную часть веса вращаемой вихрем воды. Ясно, что малейшая неровность в устройстве резервуара, несимметричность его по отношению к выпускному отверстию гораздо больше должны влиять на направление водяных струй, нежели вращение Земли. То, что многократные наблюдения за опорожнением одного и того же резервуара нередко свидетельствуют о вращении в одном и том же направлении, ничуть не является подтверждением ожидаемого правила вращения, потому что одинаковость направления вихря обуславливается формой дна резервуара, его неровностями, а не вращением Земли.

Значит, на поставленный в задаче вопрос следует ответить так: предсказать направление вращения водяного вихря у отверстия резервуара нельзя: оно определяется обстоятельствами, не поддающимися учету. К тому же вихри, какие могли бы быть вызваны в текущей жидкости вращением Земли, должны иметь, как показывает вычисление, гораздо больший диаметр, чем маленькие водовороты вокруг отверстия резервуара. Например, на широте Ленинграда при скорости течения 1 м/с диаметр такого вихря должен достигать 18 м, при скорости 0,5 м/с—9 м и т. д.—пропорционально скорости течения.

Скажем еще несколько слов об ожидаемом влиянии земного вращения на работу водяных турбин. Теоретически можно доказать, что всякое вращающееся колесо побуждается вращением Земли занять такое положение, при котором ось колеса параллельна оси

---

<sup>\*)</sup> Вывод этой формулы читатели могут найти в курсах геофизики. Весьма понятно он изложен в известном труде Ю. М. Шокальского «Океанография». [Юлий Михайлович Шокальский (1856—1940)—известный отечественный океанограф и картограф.—Примеч. ред.]

нашей планеты, а направление вращения обоих тел одинаково\*). Однако эффект этого влияния имеет величину того же ничтожного порядка, как и в случае водяной воронки в опорожняемом резервуаре; другими словами, действие земного вращения — менее стотысячной доли силы тяжести. Следовательно, малейшая неоднородность в корпусе вращающейся части турбины, практически совершенно неизбежная, должна сказываться гораздо сильнее и затупевывать влияние вращения Земли. Не приходится возлагать поэтому никаких надежд на то, чтобы вращением Земли «заставить помогать» нашим вращающимся механизмам в их работе», как писал акад. Д. Граве в упомянутой статье.

---

\*1 Интересующимся могу указать на статью Отто Башина «Влияние вращения Земли на вращающиеся колеса» в журнале «Naturwissenschaften». — 1923, № 52.