



مرجع کاربردی طراحی استخر، سونا و جکوزی

به همراه پروژه‌های عملی
(ویرایش جدید)

مؤلفین

دکتر سید علیرضا ذوالفقاری
(عضو هیئت علمی دانشگاه بیرجند)
مهندس پیمان ابراهیمی ناغانی
مهندس سید محمد هوشمند
مهندس محمد طورچی



سرشناسه:	: ذوالفقاری، علیرضا - ۱۳۶۱
عنوان و نام پدیدآور:	: مرجع کاربردی طراحی استخر، سونا و جکوزی به همراه پروژه‌های عملی / مولفین: علیرضا ذوالفقاری، پیمان ابراهیمی ناغانی، محمد هوشمند، محمد طورچی
مشخصات نشر:	: تهران: نوآور ۱۳۹۵
مشخصات ظاهری:	: ۲۲۸ ص.
شابک:	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۱۳۳-۲
وضعیت فهرست نویسی:	: فیپا
موضوع:	: استخرهای شنا -- طرح و ساختمان
موضوع:	: سونا -- طرح و ساختمان
موضوع:	: جکوزی -- طرح و ساختمان
شناسه افزوده:	: ابراهیمی ناغانی، پیمان، ۱۳۵۴ -
شناسه افزوده:	: هوشمند، محمد، ۱۳۶۹ -
شناسه افزوده:	: طورچی، محمد، ۱۳۶۶ -
رده‌بندی کنگره:	: TH۴۷۶۳ / الف ۱۳۹۵ م ۴
رده‌بندی دیویی:	: ۶۹۰ / ۸۹۶
شماره کتابشناسی ملی:	: ۳۱۳۱۴۲۱

مرجع کاربردی طراحی استخر، سونا و جکوزی

مولفین: دکتر سید علیرضا ذوالفقاری، مهندس پیمان ابراهیمی ناغانی



نشر نوآور

مهندس سید محمد هوشمند، مهندس محمد طورچی

ناشر: نوآور

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۱۳۳-۲

مرکز بخش:

نوآور، تهران، خیابان انقلاب، خیابان فخررازی، خیابان شهدای
ژاندارمری نرسیده به خیابان دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸
طبقه دوم، واحد ۶ تلفن: ۹۲-۶۶۴۸۴۱۹۱، www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و
مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر
نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل
هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع
انتشار به صورت اینترنتی، سی‌دی، دی‌وی‌دی، فیلم فایبل صوتی یا
تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام
است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست مطالب

۷	مقدمه
۹	فصل اول: معرفی انواع استخرها
۹	استخر
۹	دسته‌بندی استخرها
۱۰	انواع کاربری انسانی استخر
۱۰	استخر اقیانوسی
۱۰	استخرهای خصوصی یا خانگی
۱۱	استخر عمومی
۱۳	استخر قهرمانی
۱۸	استخر تمرینی
۲۰	استخر آموزشی
۲۱	استخر کودکان
۲۱	استخر با لبه نامحدود
۲۳	استخر درمانی
۲۳	استخر آب گرم طبیعی
۲۴	حوضچه آب سرد
۲۴	استخر تفریحی
۲۷	استخر غواصی
۲۸	استخر شنای گروهی و نمایشی شنای موزون
۲۹	استخر شیرجه
۳۳	استخر موج ساز (موج افکن)
۳۴	استخر واترپلو
۳۷	استخرهای چند منظوره
۳۷	استخر معلولان
۳۷	استخر کف متحرک
۳۸	فصل دوم: مشخصات سازه، نورپردازی و رنگ آمیزی استخرها
۳۸	موقعیت استخر نسبت به سطح زمین
۴۰	انواع استخرها از نظر جنس سازه
۴۱	استخر بتنی
۴۳	اندود کردن
۴۴	رنگ آمیزی
۴۵	کاشی کاری
۴۶	استخرهای آب بند شده با وینیل
۴۷	استخرهای فلزی و فایبرگلاس
۴۷	استخرهای چوبی



۴۸.....	نازک کاری داخل استخر.....
۴۹.....	استخر سرپوشیده و استخر روباز و جانمایی کاسه استخر.....
۵۳.....	تعداد استاندارد شناگران در استخر.....
۵۴.....	حاشیه (محوطه) استخر.....
۵۴.....	لبه استخر.....
۵۵.....	لبه استراحت پا.....
۵۵.....	امکانات جانبی و لازم یک استخر.....
۵۶.....	رختکن.....
۵۷.....	حوضچه ضد عفونی کردن پا.....
۵۷.....	توالت و دستشویی.....
۵۷.....	دوش.....
۵۸.....	نظافت استخر.....
۵۹.....	جانمایی نسبی امکانات جانبی یک استخر.....
۵۹.....	نور و روشنایی در استخرها.....
۶۷.....	صرفه جویی در مصرف انرژی با بهره گیری از انرژی گرمایی خورشید.....
۶۷.....	سیستم گرمایش خورشیدی.....

فصل سوم: جکوزی و سونا..... ۷۱

۷۱.....	استخر آب گرم.....
۷۷.....	سونا.....
۷۸.....	سونای خشک.....
۸۰.....	هیتر سونای خشک.....
۸۰.....	هیتر سنگی.....
۸۲.....	هیتر تشعشعی.....
۸۳.....	مسئله سونای خشک.....
۸۳.....	مسئله دوم سونای خشک.....
۸۴.....	سونای بخار.....
۸۶.....	مولد بخار.....
۸۸.....	روش شرکت Mr. Steam برای محاسبه حجم معادل اتاق سونا.....
۸۹.....	روش شرکت Steamist برای محاسبه حجم معادل اتاق سونا.....

فصل چهارم: تهویه مطبوع فضای استخر..... ۹۱

۹۱.....	تهویه مطبوع فضای استخر.....
۹۲.....	یونیت هیتر.....
۹۳.....	گرمایش از کف.....
۹۴.....	سیستم تشعشعی.....
۹۵.....	هواساز.....
۹۹.....	درجه حرارت هوای استخر.....

۱۰۰	.....	سرمایش در استخر
۱۰۰	.....	از بین بردن بو در هوای استخر
۱۰۰	.....	فرایندهای هواسازی برای استخرهای غیر خانگی
۱۰۱	.....	الگوی جریان هوا
۱۰۶	.....	فصل پنجم: گردش آب استخر
۱۰۶	.....	گردش آب استخر
۱۱۰	.....	روش گاتری
۱۱۲	.....	روش سرریزی
۱۱۵	.....	اسکیمر
۱۱۹	.....	مخزن متعادل سازی
۱۲۰	.....	الگوی جریان آب استخر
۱۲۰	.....	ورودی از کف - خروجی از سطح
۱۲۱	.....	ورودی از کنار - خروجی از کف
۱۲۱	.....	مجاری ورودی سطحی و مجاری خروجی ترکیبی
۱۲۳	.....	فصل ششم: تصفیه آب استخر و جکوزی
۱۲۴	.....	PH
۱۲۵	.....	قلیائیت
۱۲۶	.....	سختی
۱۲۶	.....	کدري
۱۲۸	.....	منابع آلودگی در آب استخر و جکوزی
۱۳۰	.....	کلر
۱۳۲	.....	محل قرار گیری تجهیزات
۱۳۵	.....	ورود امواج UV به آب استخر
۱۳۵	.....	وجود نیتروژن و آمونیاک در آب استخر
۱۴۸	.....	فیلترهای خاک سیلیسی (دیاتومی)
۱۵۲	.....	فصل هفتم: لوله، بار حرارتی و پمپاژ در استخر و جکوزی
۱۵۲	.....	جنس لوله‌های استخر و جکوزی
۱۵۳	.....	بار حرارتی استخر و جکوزی
۱۵۹	.....	پمپاژ آب استخر
۱۶۲	.....	فصل هشتم: رطوبت و تبخیر در استخرها
۱۶۲	.....	رطوبت نسبی
۱۶۴	.....	رطوبت گیری
۱۶۷	.....	استخر فاقد شناگر

۱۶۸	استخر دارای شناگر.....
۱۷۰	مقایسه روابط کاربردی تبخیر در استخرها.....
۱۷۸	فصل نهم: پروژه استخر و جکوزی.....
۱۷۸	مسئله نخست استخر.....
۱۸۲	مسئله جکوزی.....
۱۸۳	مسئله دوم استخر.....
۱۸۴	محاسبه ظرفیت بویلر.....
۱۸۵	حجم مخزن کویل دار.....
۱۸۵	ظرفیت مبدل حرارتی استخر.....
۱۸۶	فیلتر شنی مورد نیاز.....
۱۸۸	پمپ سیرکولاسیون استخر.....
۱۸۸	دبی پمپ بویلر.....
۱۸۸	محاسبات جکوزی.....
۱۹۰	دبی پمپ جت جکوزی.....
۱۹۱	موتورخانه طراحی شده:.....
۱۹۲	مسئله سوم استخر.....
۱۹۳	انتخاب فیلتر شنی:.....
۱۹۴	محاسبه ظرفیت بویلر.....
۱۹۴	طراحی جکوزی:.....
۱۹۵	پمپ جت:.....
۱۹۶	مسئله چهارم استخر.....
۱۹۸	محاسبه ظرفیت بویلر.....
۲۰۳	محاسبات انتخاب مبدلهای حرارتی و فیلتر شنی.....
۲۱۰	پیوست یک.....
۲۱۰	درباره شرکت شوفاژکار.....
۲۱۴	معرفی و کاتالوگ محصولات شرکت شوفاژکار.....
۲۲۴	پیوست دو.....
۲۲۴	جداول تبدیل آحاد.....
۲۲۷	منابع و مراجع.....
۲۲۷	کتاب و مقالات.....
۲۲۷	استاندارد ملی ایران.....
۲۲۸	وب سایتها.....

در سالهای اخیر، کاربری استخرها صرفاً به استفاده‌های ورزشی محدود نمی‌شود و هر روزه، استفاده از استخرها با کاربری‌های متنوعی از جمله ورزشی، تفریحی، غواصی، درمانی، آموزش نظامی، نگهداری آبزیان و ... رو به گسترش است. از سوی دیگر، طراحی استخر و ملحقات آن مانند سونا، جکوزی و ... دارای پیچیدگی و ظرافت‌های بخصوصی است که باید با همکاری مؤثر میان مهندسان حرفه‌ای تأسیسات، معماری، سازه و برق صورت پذیرد. همچنین، در طراحی تأسیسات و سیستم‌های تهویه استخرها نیز توجه به شرایط مناسب از نقطه نظر دما، رطوبت، آلاینده‌گی و مصرف انرژی امری ضروری است. محیط استخرهای سرپوشیده به دلیل رطوبت بالا، دمای زیاد هوا و ترکیبات خطرناک حاوی کلر، محیطی ناسالم به شمار می‌رود. محیط گرم و مرطوب استخرهای سرپوشیده شرایط بسیار مناسبی را برای رشد قارچ‌ها و باکتری‌ها فراهم می‌آورد و در صورت عدم توجه به وضعیت محیط داخل استخر، سلامت شناگران به خطر می‌افتد. همچنین بالا بودن رطوبت نسبی هوا نه تنها شرایط آسایش و سلامت شناگران را متأثر می‌کند، بلکه در دراز مدت صدمات جبران‌ناپذیری را به سازه و تجهیزات موجود وارد می‌کند. پیچیدگی فرآیند طراحی تهویه استخر به گونه‌ای است که در صورت کاهش کیفیت هوای داخل، به ناچار نیازمند افزایش سرعت تهویه خواهیم بود؛ با افزایش سرعت هوا، شرایط آسایش حرارتی در داخل استخر متأثر می‌شود و باید برای برقراری مجدد شرایط آسایش حرارتی، دمای آب استخر افزایش یابد. از سوی دیگر، افزایش دمای آب، منجر به کاهش حلالیت کلر در آب شده و در نتیجه بر اثر خروج آلاینده‌ها از آب استخر، کیفیت هوای داخل مجدداً کاهش پیدا می‌کند. این امر یک چرخه معیوب را نشان می‌دهد. با توجه به این پیچیدگی، برقراری ارتباط مناسب بین آسایش حرارتی و کیفیت هوا چالش مهمی خواهد بود. بنابراین در بحث تهویه مطبوع استخرها برای تأمین شرایط مطلوب هوای داخل سالن باید غلظت آلاینده‌ها، رطوبت نسبی، شرایط آسایش حرارتی و مصرف انرژی به طور همزمان مورد توجه قرار گیرد.

کتاب پیش روی شما، تحت عنوان ویرایش جدید «مرجع کاربردی طراحی استخر، سونا و جکوزی؛ به همراه پروژه‌های عملی» برای استفاده مهندسان و طراحان استخر در ۹ فصل تدوین شده است. فصل اول کتاب به معرفی انواع استخرها می‌پردازد و در فصل دوم، مشخصات سازه، نورپردازی و رنگ‌آمیزی استخرها آورده شده است. فصل سوم معرفی جکوزی و سونا را در دستور کار قرار می‌دهد و در فصل‌های چهارم تا ششم، به مبانی تهویه مطبوع در استخر و سیستم‌های گردش و تصفیه آب در آن پرداخته شده است. ضمن اینکه لوله، بار حرارتی و پمپاژ در

استخر و جکوزی، در فصل هفتم مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین رطوبت و تبخیر در استخرها در قالب فصل هشتم ارائه شده و نهایتاً در فصل نهم، پروژه‌هایی کاربردی و عملی در خصوص طراحی استخر، سونا و جکوزی ارائه گردیده است. شایان ذکر است که در ویرایش جدید سعی شده تا همه روابط، جداول و مسائل بر مبنای سیستم آحاد بین‌المللی (SI) که به عنوان سیستم آحاد پذیرفته شده در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد، ارائه گردد. ضمن اینکه تلاش شده است تا در حد نیاز به واحدهای متداول مهندسی نیز در کنار واحدهای بین‌المللی اشاره گردد تا جنبه کاربردی و عملی کتاب برای استفاده مهندسان و طراحان حفظ شود.

در نهایت، بر خود لازم می‌دانم تا از همکاران گرانقدرم در گروه مهندسی مکانیک دانشگاه بیرجند و به ویژه آقایان دکتر حسن حسن‌زاده و مهدی نصرآبادی که زحمت مطالعه و تصحیح ویرایش جدید کتاب را تقبل نمودند، سپاسگزاری نمایم. اگر چه سعی شده است تا در ویرایش جدید، اشکالات و نقایص کتاب تا حد زیادی برطرف شود؛ اما بدون شک این کتاب نیز خالی از اشکال نیست. بر این اساس، باعث خوشحالی نویسندگان خواهد بود که خوانندگان ارجمند، نظرات خود را در خصوص کتاب با نویسندگان در میان بگذارند، تا موارد پیشنهادی در ویراست‌های بعدی کتاب مد نظر قرار گیرد.

دکتر سید علیرضا ذوالفقاری

عضو هیأت علمی گروه مهندسی مکانیک دانشگاه بیرجند
و مدیر گروه پژوهشی انرژی در ساختمان و آسایش حرارتی

فصل اول

معرفی انواع استخرها

استخر

واژه استخر به مجموعه‌ای از ابنیه، لوازم، تجهیزات و امکانات اطلاق می‌شود که با هدف شنا کردن، شیرجه زدن و یا استحمام ایجاد شده است.

در گذر تاریخ، استخر کاربردهای زیادی از جمله آموزش نظامی، ورزشی و نگهداری از آبزیان زینتی و... داشته است و معمولاً به عنوان بخش جدایی‌ناپذیر کاخ‌های سلطنتی به حساب می‌آمد. امروزه علاوه بر کاربردهای فوق کاربری تفریحی، علمی و... نیز به استخر اضافه شده است.

گفتنی است که بزرگترین استخر آب شور حال حاضر دنیا که در کتاب رکوردهای گینس نیز به ثبت رسیده است استخر San Alfonso Del Mar واقع در ساحل کشور شیلی است که با بیش از یک کیلومتر طول و بیشینه عمق ۳۵ متر، ۲۵۰ هزار مترمکعب آب را در خود جای داده است. این استخر برای بهره‌گیری از آب اقیانوس آرام مجهز به سیستم پمپاژ، سیستم فیلترینگ و فرایند تصفیه آب است. در شکل ۱-۱ نمایی از استخر San Alfonso Del Mar نشان داده شده است.



شکل ۱-۱ استخر San Alfonso Del Mar

دسته‌بندی استخرها

استخرها از چهار دیدگاه مورد نقد و بررسی قرار می‌گیرند:

- کاربری استخر
- جنس سازه استخر
- موقعیت استخر نسبت به سطح زمین
- سرپوشیده و یا روباز بودن استخر

انواع کاربری انسانی استخر

استخر اقیانوسی

این استخرها در کنار دریا برای جلوگیری از حمله کوسه‌ها به شناگران ساخته می‌شوند و توسط پدیده جزر و مد در طول شبانه روز و یا سیستم پمپاژ مجهز به پمپ‌های شناور با درجه حفاظت ۶۷ تغذیه می‌گردند. ممکن است در مسیر آب ورودی ادواتی جهت شن زدایی وجود داشته باشد هرچند که این کار، بخشی از فرایند تصفیه به حساب نمی‌آید. در این نوع از استخرها به دلیل اینکه آب برگشتی ممکن است حداکثر حدود ۲ درجه سلسیوس گرم‌تر از آب ورودی باشد، برای حفظ سلامتی آبزیان بهتر است به جای آنکه آب خروجی از دیواره‌های استخر سرریز شود، در اعماق دریا تخلیه گردد. در شکل ۱-۲ استخر اقیانوسی نشان داده شده است.



شکل ۱-۲ استخر اقیانوسی

استخرهای خصوصی یا خانگی

امروزه استخرهای خصوصی یا خانگی به عنوان یکی از شاخص‌های رفاهی، نشانی از مجلل بودن ساختمان است.

در عمل استاندارد خاصی برای شکل ظاهری و ابعاد این گونه استخرها وجود ندارد اما ابعاد $(۷٫۳\text{m} \times ۳٫۷\text{m})$ ، $(۹٫۶\text{m} \times ۴٫۸\text{m})$ و $(۱۲\text{m} \times ۶٫۱\text{m})$ بسیار متداول است. همواره باید به این نکته توجه داشت که افزایش عمق سبب افزایش تصاعدی هزینه‌های استخر می‌شود. عمق متداول برای این گونه استخرها ۱ متر تا ۲ متر است. لازم به ذکر است حضور غریق نجات در استخرهایی که عمقی بیش از ۱٫۵ متر دارند الزامی است در غیر این صورت مسئول کلیه حوادث، مدیر ساختمان می‌باشد. یک استخر خانگی در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳ استخر خانگی

استخر عمومی

این نوع از استخر می‌تواند به صورت روباز یا سرپوشیده طراحی شود. ابعاد استخر عمومی معمولاً مضربی از $۱۲٫۵$ متر است ($۱۲٫۵-۲۵-۵۰$) و بیشینه عمق آنها ۳ تا ۵ متر می‌باشد. در صورتی که عمق استخر الزامات استاندارد را ارضاء نماید می‌توان از سکوی شیرجه نیز استفاده کرد که در این حالت به ازای هر تخته شیرجه باید ۲۸m^2 مساحت زیر تخته شیرجه را به آن اختصاص داد به گونه‌ای که سایر شناگران مجاز به شنا کردن در آن ناحیه نباشند. کاسه استخر در کاربری عادی $۱٫۵$ متر مربع برای هر نفر و در کاربری لوکس $۴٫۵$ متر مربع برای هر نفر در نظر گرفته می‌شود. حداقل عرض حاشیه استخر عمومی برای حالت سرپوشیده ۲ متر و برای حالت روباز ۴ متر می‌باشد. همچنین در محوطه استخر باید یک شیلنگ آب وجود داشته باشد تا به وسیله آن بتوان در صورت نیاز اطراف استخر را شستشو داد. نمایی از استخر عمومی روباز

و سرپوشیده به ترتیب در شکل‌های ۴-۱ و ۵-۱ نشان داده شده است.



شکل ۴-۱ استخر عمومی روباز



شکل ۵-۱ استخر عمومی سرپوشیده

استخر قهرمانی

اگرچه در طراحی استخر از استانداردهایی نظیر ASA، ANSI/NSPI و ... استفاده می‌شود ولی استخرهایی که مخصوص مسابقات بین‌المللی هستند باید طبق استاندارد فدراسیون جهانی شنا (FINA) طراحی شوند. طول این نوع استخرها ۲۵ متر (مسافت کوتاه) و یا ۵۰ متر (مسافت بلند) و حداقل عمق آنها ۱٫۳۵ متر می‌باشد. این نوع از استخرها باید مجهز به سیستم تهویه مطبوع برای استفاده در تمام طول سال باشند.

شرط استفاده از سکوی شیرجه در استخرهای قهرمانی این است که عمق آب در طرفی از کاسه استخر که سکو در آن قرار دارد حداقل ۱٫۸۰ متر بوده و این عمق حداقل ۶ متر در راستای طول استخر ادامه یابد.

استخرهای المپیک زیر مجموعه استخرهای قهرمانی هستند و توسط بخش مجزایی از استاندارد فدراسیون جهانی شنا (FINA) طراحی می‌شوند. ابعاد آن $25m \times 50m$ و حداقل عمق آن ۲ متر است. استخر المپیک حاوی ۸ مسیر به عرض ۲٫۵ متر برای شنا و ۲ مسیر با همان عرض در طرفین استخر جهت جلوگیری از اثر بازدارنده تنش برشی دیوار بر شناگر است تا دو شناگر کناری خارج از لایه مرزی هیدرودینامیکی شنا کنند.

دیواره‌های استخر قهرمانی الزاما باید با سطح آب و خطوط شنا زاویه ۹۰ درجه بسازند و از جنس محکم (صلب) ساخته شوند و تا عمق ۸۰ سانتی‌متری زیر آب غیر لغزنده باشد تا شناگران را قادر سازد در برگشت، عمل تماس و فشار به دیواره را بدون ایراد انجام دهند. لازم به یادآوری است در استخرهای قهرمانی، در لحظه مسابقه دهش و مکش آب قطع می‌شود و میزان آلودگی در این نوع استخرها نسبت به سایر استخرها کمتر است. نمونه‌ای از استخر قهرمانی روباز و سرپوشیده به ترتیب در شکل‌های ۱-۶ و ۱-۷ نشان داده شده است.



شکل ۱-۶ استخر قهرمانی روباز